



TUGAS AKHIR - SF141501

**IDENTIFIKASI SEBARAN ALIRAN AIR BAWAH TANAH
(*GROUNDWATER*) DENGAN METODE *VERTICAL
ELECTRICAL SOUNDING (VES)* KONFIGURASI
SCHLUMBERGER DI WILAYAH CEPU, BLORA
JAWA TENGAH**

Romandah Kusuma Nur Febriana
NRP 1113 100 001

Dosen Pembimbing
Dr.rer.nat Eko Minarto, M.Si
FX. Yudi Tryono, S.T, M.T

Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR - SF141501

**IDENTIFIKASI SEBARAN ALIRAN AIR BAWAH TANAH
(GROUNDWATER) DENGAN METODE *VERTICAL
ELECTRICAL SOUNDING (VES)* KONFIGURASI
SCHLUMBERGER DI WILAYAH CEPU, BLORA
JAWA TENGAH**

**Romandah Kusuma Nur Febriana
NRP 1113 100 001**

**Dosen Pembimbing
Dr.rer.nat Eko Minarto, M.Si
FX. Yudi Tryono, S.T, M.T**

**Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



FINAL PROJECT - SF141501

**IDENTIFICATION OF DISTRIBUTION GROUND WATER
FLOW USING VERTICAL ELECTRICAL SOUNDING
(VES) METHOD WITH SCHLUMBERGER
CONFIGURATION IN THE REGION OF CEPU, BLORA,
CENTRAL JAVA**

**Romandah Kusuma Nur Febriana
NRP 1113 100 001**

**Supervisor
Dr.rer.nat Eko Minarto, M.Si
FX. Yudi Tryono, S.T, M.T**

**Physics Departement
Faculty of Mathematics and Science
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2017**


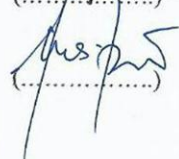
LEMBAR PENGESAHAN**IDENTIFIKASI SEBARAN ALIRAN AIR BAWAH TANAH
(GROUNDWATER) DENGAN METODE VERTICAL
ELECTRICAL SOUNDING (VES) KONFIGURASI
SCHLUMBERGER DI WILAYAH CEPU, BLORA
JAWA TENGAH****TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Sains^o
pada
Bidang Studi Geofisika
Program Studi S-1 Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Romandah Kusuma Nur Febriana
1113 100 001

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :**Dr.rer.nat Eko Minarto, M.Si****FX. Yudi Tryono, S.T, M.T**

(.....) 
(.....) 

**IDENTIFIKASI SEBARAN ALIRAN AIR BAWAH TANAH
(GROUNDWATER) DENGAN METODE VERTICAL
ELECTRICAL SOUNDING (VES) KONFIGURASI
SCHLUMBERGER DI WILAYAH CEPU, BLORA,
JAWA TENGAH**

Nama Penulis : Romandah Kusuma Nur Febriana
NRP : 1113 100 001
Departemen : Fisika FMIPA-ITS
Pembimbing : 1. Dr.rer.nat Eko Minarto, M.Si
2. FX. Yudi Tryono, S.T, M,T

Abstrak

Kabupaten Blora merupakan daerah yang di dominasi dengan persawahan dan hutan sehingga memerlukan irigasi yang baik, namun pemenuhan akan irigasi dan air bersih untuk kebutuhan hidup sehari-hari masih dirasa kurang, terkait dengan curah hujan yang rendah. Untuk itu diperlukan adanya informasi mengenai letak kedalaman serta potensi adanya air bawah tanah, letak sebaran air bawah tanah dan karakteristik lapisan batuan bawah tanah di wilayah Cepu, Kabupaten Blora, Jawa Tengah. Untuk mendapatkan informasi ini dilakukan pengukuran geolistrik tahanan jenis Vertical Electrical Sounding (VES) konfigurasi Schlumberger. Penelitian ini dilakukan menyebar di seluruh wilayah Cepu dengan 8 titik pengukuran. Data yang dihasilkan saat pengukuran diolah menggunakan software IPI2WIN dan PROGRESS V 3.0 dengan menghasilkan kurva matching 1D. Dari pengukuran dan interpretasi yang telah dilakukan dapat diperoleh hasil yaitu potensi air tanah terletak pada kedalaman 40-60 m dengan nilai resistivitas 0,79-4 Ω m, dan karakteristik penyusun lapisan batuan adalah air tanah, batu lempung, lempung lanau, dan batu pasir.

Kata Kunci: Akuifer, Geolistrik, Resistivitas, Vertical Electrical Sounding

**IDENTIFICATION OF DISTRIBUTION GROUND
WATER FLOW USING VERTICAL ELECTRICAL
SOUNDING (VES) METHOD WITH SCHLUMBERGER
CONFIGURATION IN THE REGION OF CEPU, BLORA,
CENTRAL JAVA**

Author : Romandah Kusuma Nur Febriana
Student Identity : 1113 100 001
Department : Fisika FMIPA-ITS
Supervisor : 1. Dr.rer.nat Eko Minarto, M.Si
 2. FX. Yudi Tryono, S.T, M.T

Abstract

Blora Regency is a dominated region by rice fields and forests that require good irrigation, but the irrigation and clean water for daily needs is still less fulfilled, its related to the low rainfall. Therefore, needed the information about the depth and potential of underground water, the distribution location of underground water and the characteristics of underground rock layers in Cepu, Blora Regency, Central Java. To obtain this information is done by geolistrik resistance measurement type Vertical Electrical Sounding (VES) Schlumberger configuration. This research is spread throughout the Cepu region with 8 points of measurement. The measurement data is processed by using IPI2WIN and PROGRESS V 3.0 software which produces 1D matching curves. From the measurements and interpretations that have been done can be obtained the results of the aquifer lies in the depth 40-60 m with resistivity 0,79-4 Ωm , and the characteristics of the layers of rock layers are ground water, clay, silt clay, and sandstone.

Keywords: *Aquifier, Geolistrik, Resistivity, Vertical Electrical Sounding*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan karunia-Nya, sehingga penulis mampu menyelesaikan Laporan Tugas Akhir sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains pada Departemen Fisika FMIPA ITS dengan judul:

IDENTIFIKASI SEBARAN ALIRAN AIR BAWAH TANAH (*GROUNDWATER*) DENGAN METODE *VERTICAL ELECTRICAL SOUNDING (VES)* KONFIGURASI *SCHLUMBERGER* DI WILAYAH CEPU, BLORA JAWA TENGAH

Penulis menyadari dengan terselesaikannya penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, terima kasih atas semua kenikmatan yang telah Engkau berikan kepada hamba dan keluarga.
2. Kedua orang tua tercinta (Bapak Jiono dan Ibu Mistin Dwiana) serta Adik tersayang Pramudya Nur Setyobakti yang senantiasa memberikan dukungan moral dan motivasi, bimbingan, kasih sayang, dan semua hal yang dibutuhkan terhadap keberhasilan penulis menyelesaikan Tugas Akhir.
3. Keluarga besar Moeljadi Sadimun dan Mat Darto yang senantiasa memberi dukungan dan motivasi kepada penulis.
4. Bapak Dr.rer.nat Eko Minarto, M.Si sebagai Sekretaris Departemen Fisika FMIPA ITS sekaligus sebagai dosen pembimbing 1 Tugas Akhir yang senantiasa memberikan bimbingan, wawasan dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir.
5. Bapak FX. Yudi Tryono, S.T, M.T sebagai Pembimbing Lapangan pengambilan data di PPSDM Migas Cepu

senantiasa membimbing dan memberi wawasan sehingga bisa terselesaikan dengan baik.

6. Bapak Prof. Dr. Bagus Jaya Santosa, S.U dan Bapak Heru Sukamto, M.Si selaku dosen penguji pada sidang tugas akhir.
7. Bapak Dr. Yono Hadi Pramono, M.Eng selaku Ketua Departemen Fisika FMIPA ITS.
8. Bapak Prof. Suasmoro selaku Dosen Wali yang selalu membimbing selama masa perkuliahan dari awal hingga akhir.
9. Semua dosen, staff dan karyawan Departemen Fisika FMIPA ITS yang memberikan ilmu dan bimbingan selama masa perkuliahan.
10. Sahabat seperjuangan Eka Yuliana yang senantiasa memberikan semangat, dan bersama-sama melewati kejadian yang menyenangkan dan menyedihkan menyelesaikan Tugas Akhir ini
11. Sahabat kos Perumdos Blok U-64 Ni'ma, Befie, Nurin, Adha, Rifka, Mbak Gita, Lita, Mbak Ira yang telah menjadi teman seataap selama ini dan selalu memberi dukungan serta motivasi.
12. Keluarga Kabinet Muda Harmoni 14/15 terkhusus Departemen Perkom HIMASIKA ITS 14/15, yang telah mengajarkan banyak hal.
13. Keluarga Kabinet Ekspansi Karya 15/16 terkhusus Departement Endev HIMASIKA ITS 15/16, terima kasih telah memberikan kesempatan untuk belajar.
14. Sahabat Mega, Rike, Lala dan semua anggota Rabex'z Club, terima kasih untuk setiap waktu bersama yang sangat berharga dan selalu memotivasi hingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
15. Sahabat "JhiMayDhiRooSsa" Jyen, Mayang, Dina, Nasa terima kasih telah menjadi sandaran, menjadi pendengar setia, menjadi tempat penghilang penat saat sebelum dan sesudah menjalani masa perkuliahan hingga saat ini.

16. Teman-Teman Laboratorium Geofisika seluruhnya, terkhusus Kifli, Azizah, Dani, Adhis, Novi, Ambar dll yang telah banyak membantu selama ini.
17. Kakak tingkat dan Adik tingkat Departemen Fisika FMIPA seluruhnya tanpa terkecuali yang juga telah banyak membantu hingga terselesaikannya tugas akhir ini.
18. Keluarga besar “SUPERNOVA 2013 (F31)”, Angkatan terbaik sepanjang masa yang telah menjadi sahabat dan keluarga terbaik, terdekat, dan tersolid yang selalu bersama-sama dari awal kuliah.
19. Bapak Sampurno dan Ibu Tsaniyah yang menjadi orang tua kedua selama masa perkuliahan dan telah memberikan tempat tinggal di Surabaya.
20. Percetakan Al-Amin Keputih yang telah membantu dalam mencetak laporan tugas akhir ini.
21. Dan seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu. Terima kasih banyak.

Penulis menyadari atas keterbatasan ilmu pengetahuan dan kemampuan yang dimiliki, oleh karena itu penulis berharap akan menerima kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulis Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan serta menjadi inovasi untuk perkembangan lebih lanjut.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

Untuk Dosen Pembimbing saya tercinta,

Dr.rer.nat Eko Minarto, M.Si
FX. Yudi Tryono, S.T, M.T

Atas Segala :
Bimbingan, Kritik, Nasihat, Ilmu, Pengalaman
Dan semua hal yang telah Bapak berikan

Saya,
ROMANDAH KUSUMA NUR FEBRIANA
Mengucapkan

TERIMA KASIH

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
DAFTAR LAMPIRAN	xxiii
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	 5
2.1 Sifat Kelistrikan Batuan	5
2.1.1 Konduksi Secara Elektronik	5
2.1.2 Konduksi Secara Elektrolitik.....	5
2.1.3 Konduksi Secara Dielektrik.....	5
2.2 Prinsip Dasar Metode Resistivitas.....	7
2.3 Titik Arus Tunggal di Permukaan	10
2.4 Dua Titik Arus di Permukaan.....	12
2.5 Tahanan Jenis Semu (<i>Apparent Resistivity</i>)	15
2.6 Metode Geolistrik Resistivitas	16
2.7 Konfigurasi <i>Schlumberger</i>	18

2.8 Interpretasi Data dengan <i>Curve Matching</i>	19
2.9 Proses Inversi Resistivitas 1Dimensi.....	21
2.9.1 Konsep Dasar Proses Inversi 1Dimensi	21
2.9.2 <i>Forward Modelling</i> Resistivitas 1Dimensi	24
2.10 Air Bawah Pemukaan	27
2.11 Porositas dan Permeabilitas	29
2.12 Sifat Batuan Terhadap Air Tanah.....	32
2.13 Jenis-jenis Batuan	33
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	37
3.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian.....	39
3.2 Kondisi Geologi Daerah Penelitian	40
3.3 Tataan Stratigrafi Daerah Penelitian.....	44
3.4 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	51
3.5 Alat Penelitian	53
3.6 Variabel Penelitian	54
3.7 Prosedur Penelitian	54
3.7.1 Tahap Persiapan.....	54
3.7.2 Tahap Pengukuran	54
3.7.3 Tahap Pengolahan Data	56
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	61
4.1 Proses Pengolahan Data.....	61
4.1.1 Pengolahan Data Menggunakan <i>Software</i> IPI2WIN	61
4.1.2 Pengolahan Data Menggunakan <i>Software</i> PROGRESS V3.0	64
4.2 Analisa Data	69
4.3 Interpretasi Data	69
4.4 Pembahasan	75

BAB V PENUTUP	79
5.1 Kesimpulan.....	79
5.2 Saran.....	79
 DAFTAR PUSTAKA	 81
LAMPIRAN.....	83
BIOGRAFI PENULIS	135

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hubungan Resistansi, Arus dan Tegangan	7
Gambar 2.2 Kawat dengan panjang L , luas penampang A , dialiri arus listrik I	8
Gambar 2.3 Elektroda arus diinjeksikan kedalam bumi	11
Gambar 2.4 Sumber arus berupa titik pada permukaan bumi homogen	12
Gambar 2.5 Rangkaian elektroda ganda.....	12
Gambar 2.6 Dua pasang elektroda arus dan elektroda potensial pada permukaan medium homogen isotropis dengan resistivitas ρ	14
Gambar 2.7 Pola aliran arus dan bidang ekipotensial antara dua elektoda arus dengan polaritas berlawanan.....	14
Gambar 2.8 Konsep tahanan jenis semu. Lapisan 1 dan 2 menghasilkan harga tahanan jenis semu ρ_a	16
Gambar 2.9 Konfigurasi <i>Schlumberger</i>	18
Gambar 2.10 Rangkaian elektroda konfigurasi <i>Schlumberger</i>	19
Gambar 2.11 Tipe-tipe lengkung bantu	20
Gambar 2.12 Alur pemodelan inversi.....	21
Gambar 2.13 Alur pemodelan forward.....	22
Gambar 2.14 Alur eksperimen lapangan dan laboratorium	23
Gambar 2.15 Posisi relatif bagian dari air tanah.....	28
Gambar 2.16 Porositas dan Permeabilitas	30
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir	37
Gambar 3.2 Diagram Alir Pengoahan Data	38
Gambar 3.3 Peta topografi daerah Kabupatenn Blora	40
Gambar 3.4 Cekungan Jawa Timur Utara.....	41
Gambar 3.5 Struktur Geologi Cepu, Blora	42

Gambar 3.6 Keterangan Struktur Geologi Cepu, Blora.....	43
Gambar 3.7 Stratigrafi Mandala Rembang.....	50
Gambar 3.8 Korelasi satuan peta Kabupaten Blora.....	51
Gambar 3.9 Peta lokasi penelitian	52
Gambar 3.10 Perpindahan elektroda konfigurasi <i>Schlumberger</i>	55
Gambar 3.11 Menu utama pada <i>software</i> IPI2WIN	57
Gambar 3.12 Pemilihan konfigurasi dan penginputan data.....	57
Gambar 3.13 Penginputan data dan inversi data	58
Gambar 3.14 Contoh interpretasi dari <i>software</i> PROGRESS V3.0	59
Gambar 4.1 Kurva matcing pengolahan data pengukuran lapangan.....	61
Gambar 4.2 Tabel pemasukan data mentah.....	62
Gambar 4.3 Tahap iterasi data pada <i>invers modelling</i>	63
Gambar 4.4 Hasil akhir pengolahan data menggunakan <i>software</i> <i>IPI2WIN</i>	63
Gambar 4.5 Proses pemasukan data pada <i>software</i> PROGRESS V 3.0	64
Gambar 4.6 Proses estimasi parameter model dalam <i>software</i> PROGRESS V 3.0	65
Gambar 4.7 Proses iterasi dalam <i>software</i> PROGRESS V 3.0	66
Gambar 4.8 Interpretasi data dalam <i>software</i> PROGRESS V 3.0	68
Gambar 4.9 Penampang korelasi tahanan jenis lintasan A-B.	74
Gambar 4.10 Penampang korelasi tahanan jenis lintasan B-C	74
Gambar 4.11 Penampang korelasi tahanan jenis titik P7 dan titik P8	75

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai Resistivitas Batuan	6
Tabel 2.2 Nilai porositas berbagai batuan	31
Tabel 3.1 Daftar lokasi pengukuran	55
Tabel 4.1 Hasil pengolahan data pada titik P1	69
Tabel 4.2 Hasil interpretasi data pada titik P1	70

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Data Eksplorasi Tahanan Jenis <i>Vertical Electrical Sounding</i>	83
Lampiran B Hasil Pengolahan Pengukuran Lapangan	97
Lampiran C Kurva <i>Matching</i> dan Data Hasil Pengolahan VES.....	101
Lampiran D Hasil Pengolahan pada <i>Software</i> PROGRESS V 3.0	105
Lampiran E Tabel Pengolahan Titik <i>Sounding</i>	113
Lampiran F Tabel Hasil Interpretasi Titik <i>Sounding</i>	117
Lampiran G Hasil Korelasi Penampang 1D	121
Lampiran H Foto Akuisisi Data Geolistrik	125
Lampiran I Data Pendukung Pengolahan Data	129

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan Sumber Daya Alam (SDA) yang memiliki peranan penting bagi kehidupan masyarakat, namun hal ini menjadikan suatu permasalahan yang mendasar dalam kehidupan sehari-hari dikarenakan kurangnya ketersediaan air, tanpa disadari permasalahan tersebut sudah lama terjadi. Semakin lama intensitas dan frekuensinya semakin besar, meningkat dari waktu ke waktu dengan faktor bertambahnya jumlah penduduk, perluasan kawasan pemukiman, pembukaan lahan baru, pengembangan kawasan industri dan lain-lain. Pertambahan penduduk yang sangat pesat menyebabkan eksploitasi air bawah tanah meningkat dengan pesat, oleh karena itu untuk daerah yang mempunyai sumber air yang kurang perlu mencari dan meneliti daerah permukaan bawah tanahnya. Air tanah merupakan suatu hal yang tidak dapat dipisahkan dari proses siklus hidrologi bumi. Salah satu dari siklus hidrologi adalah *reservoir* air tanah, yaitu semacam pengikat air dalam jumlah banyak yang melaluinya pada kondisi lapangan biasa. Secara umum *reservoir* alami adalah berupa tandon air alami yang asalnya dari resapan air hujan sehingga air rembesan masuk ke dalam tanah dan masuk pada pori-pori batuan dalam tanah.

Keadaan geografis daerah Kabupaten Blora termasuk dataran rendah dan perbukitan dengan ketinggian 20-280 meter dpl. Selain itu daerah ini merupakan kawasan rangkaian pegunungan kapur. Dan sebagian besar wilayah Kabupaten Blora merupakan daerah krisis air baik untuk air minum maupun untuk air irigasi, terutama pada kawasan daerah pegunungan kapur. Sehingga dilakukan penelitian menggunakan alat geolistrik metode geolistrik konfigurasi *Schlumberger* untuk pencarian air tanah di daerah penelitian tersebut. Metode geolistrik bertujuan untuk mengetahui geologi bawah permukaan dengan menggunakan tahanan jenis batuan. Perbedaan tahanan jenis

berbagai macam batuan mewakili perbedaan karakteristik tiap lapisan batuan tersebut. Besarnya tahanan jenis diukur dengan mengalirkan arus listrik dan memperlakukan lapisan batuan sebagai penghantar arus. Metode geolistrik untuk mengetahui perubahan tahanan jenis lapisan batuan di bawah permukaan tanah dengan cara mengalirkan arus listrik DC (*Dirrect Current*) yang mempunyai tegangan tinggi ke dalam tanah. Maka dengan mengetahui nilai tahanan jenis dari perlapisan batuan dapat dipelajari jenis material batuan, lapisan bawah permukaan, dan sebaran air bawah permukaan di daerah penelitian. Survey geolistrik metode resistivitas *mapping* dan *sounding* menghasilkan informasi perubahan variasi harga resistivitas baik arah lateral maupun arah vertikal.

Dalam usaha untuk mendapatkan susunan mengenai lapisan bumi, kegiatan penyelidikan melalui permukaan tanah atau bawah tanah harus dilakukan agar bisa diketahui ada atau tidaknya lapisan pembawa air (akuifer), ketebalan dan kedalamannya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan dalam penelitian ini adalah:

1. Dimana letak kedalaman serta potensi adanya air bawah tanah di wilayah Cepu, Kabupaten Blora, Jawa Tengah.
2. Dimana letak sebaran air bawah tanah di wilayah Cepu, Kabupaten Blora, Jawa Tengah.
3. Bagaimana karakteristik lapisan batuan bawah tanah di wilayah Cepu, Kabupaten Blora, Jawa Tengah.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan diatas, tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui letak kedalaman serta potensi adanya air bawah tanah di wilayah Cepu, Kabupaten Blora, Jawa Tengah.

2. Mengetahui letak sebaran air bawah tanah di wilayah Cepu, Kabupaten Blora, Jawa Tengah.
3. Mengetahui karakteristik lapisan batuan bawah tanah di wilayah Cepu, Kabupaten Blora, Jawa Tengah.

1.4 Batasan Masalah

Sebagai batasan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Metode geolistrik resistivitas yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Vertical Electrical Sounding (VES)* konfigurasi *Schlumberger*.
2. Penelitian tugas akhir ini dilakukan di wilayah Cepu, Kabupaten Blora, Jawa Tengah.
3. Alat yang digunakan dalam proses pengukuran adalah *Resistivitymeter Mc Ohm EL* dan data hasil pengukuran diolah dengan menggunakan *software IPI2WIN* dan *PROGRESS V 3.0*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat didapat dari penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Bagi Pemerintah dan masyarakat khususnya dilakukan di wilayah Cepu, Kabupaten Blora, Jawa Tengah adalah memberikan informasi sebaran air sehingga bisa menjadi referensi penempatan sumur bagi masyarakat Desa tersebut.
2. Bagi peneliti, yaitu memperdalam ilmu pengetahuan tentang geolistrik dan mencoba memberikan sumbangsih pikiran yang dapat bermanfaat bagi masyarakat dan pemerintah.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan laporan tugas akhir ini disusun dalam tiga bagian utama, yaitu bagian awal, bagian inti dan bagian akhir. Bagian awal terdiri dari halaman sampul, halaman judul, abstrak,

pengesahan, motto dan persembahan, daftar isi, daftar gambar dan daftar lampiran. Bagian inti terdiri dari lima bab yaitu :

1. **BAB I : PENDAHULUAN**

Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

2. **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Tinjauan pustaka berisi teori-teori yang mendukung dan berkaitan dengan permasalahan penelitian tugas akhir sehingga dapat dijadikan sebagai teori penunjang disusunnya laporan ini.

3. **BAB III : METODE PENELITIAN**

Bab ini berisi uraian tentang gambaran umum lokasi penelitian, lokasi dan waktu penelitian, alat penelitian, variabel penelitian, prosedur penelitian dan waktu pelaksanaan tugas akhir.

4. **BAB IV : ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisi hasil penelitian dan pembahasan tentang hasil penelitian yang telah didapatkan.

5. **BAB V : PENUTUP**

Bab ini berisi simpulan hasil penelitian dan saran-saran sebagai implikasi dari hasil penelitian

Bagian akhir terdiri dari daftar pustaka dan lampiran, berisi data – data yang digunakan dalam penelitian beserta beberapa gambar yang menunjang penelitian ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sifat Kelistrikan Batuan

Batuan merupakan suatu jenis materi yang tersusun dari berbagai mineral, sehingga batuan mempunyai sifat-sifat kelistrikan. Beberapa macam penyusun batuan terdiri dari satu jenis mineral, sebagian kecil dibentuk oleh gabungan mineral dan bahan organik serta bahan-bahan vulkanik.

Sifat listrik batuan adalah karakteristik dari batuan jika dialiri arus listrik kedalamnya. Arus listrik ini dapat berasal dari alam itu sendiri akibat adanya ketidakseimbangan atau arus listrik yang sengaja diinjeksikan kedalam lapisan. Aliran (konduksi) arus listrik di dalam batuan dan mineral digolongkan menjadi tiga macam, yaitu konduksi secara elektronik, konduksi secara elektrolitik dan konduksi secara dielektrik (Arif, 1990).

2.1.1 Konduksi Secara Elektronik

Konduksi ini adalah tipe normal dari aliran arus listrik dalam batuan atau mineral. Konduksi secara elektronik terjadi karena batuan atau mineral mengandung banyak elektron bebas. Akibatnya arus listrik mudah mengalir pada batuan.

2.1.2 Konduksi Secara Elektrolitik

Konduksi jenis ini banyak terjadi pada batuan atau mineral yang bersifat porous dan pori-pori tersebut terisi oleh larutan elektrolit. Dalam hal ini arus listrik mengalir akibat dibawa oleh ion-ion elektrolit. Konduksi dengan cara ini lebih lambat daripada konduksi elektronik.

2.1.3 Konduksi Secara Dielektrik

Konduksi ini terjadi jika batuan atau mineral bersifat dielektrik terhadap aliran arus listrik, artinya bahan atau mineral tersebut mempunyai elektron bebas sedikit bahkan tidak ada sama sekali. Tetapi karena adanya pengaruh medan listrik dari luar

maka elektron berpindah dan berkumpul terpisah dari inti sehingga terjadi polarisasi.

Berdasarkan nilai resistivitasnya, maka batuan ataupun mineral di alam dibedakan menjadi 3 yaitu konduktor baik, konduktor sedang, dan isolator. Konduktor baik terjadi jika nilai resistivitasnya sangat kecil, berkisar antara 10^{-8} - $1 \Omega\text{m}$, contohnya metal (logam-logam), grafit dan sulfida. Konduktor sedang terjadi jika nilai resistivitasnya 1 - $10^7 \Omega\text{m}$, contohnya beberapa oksida, ore, dan batuan porous yang mengandung air. Isolator terjadi jika tidak dapat mengalirkan arus listrik dan harga resistivitasnya sangat tinggi, lebih besar dari $10^7 \Omega\text{m}$. Batuan ini terdiri dari mineral silikat, fosfat, karbonat, dll. Nilai resistivitas dari batuan ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Nilai Resistivitas Batuan (Telford,1990)

Material	Resistivitas (Ωm)
Udara (<i>Air</i>)	~
Pirit (<i>Pyrite</i>)	0.01-100
Kwarsa (<i>Quartz</i>)	500-800000
Kalsit (<i>Calcite</i>)	1×10^{12} - 1×10^{13}
Garam Batu (<i>Rock salt</i>)	30 - 1×10^{13}
Granit (<i>Granite</i>)	200-10000
Andesit (<i>Andesite</i>)	1.7×10^2 - 45×10^4
Basal (<i>Basalt</i>)	200-10.0000
Gamping (<i>Limestone</i>)	500-10000
Batu pasir (<i>Sandstone</i>)	200-8000
Batu tulis (<i>Shales</i>)	20-2000
Pasir (<i>Sand</i>)	1-1000
Lempung (<i>Clay</i>)	1-100
Air tanah (<i>Ground water</i>)	0.5-300
Air asin (<i>Sea water</i>)	0.2
Magnetit (<i>Magnetite</i>)	0.01-1000
Kerikil kering (<i>Dry gravel</i>)	600-10000
Aluvium (<i>Alluvium</i>)	10-800
Kerikil (<i>Gravel</i>)	100-600

2.2

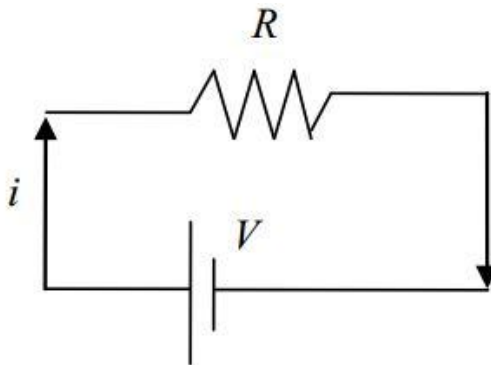
Prinsip Dasar Metode Resistivitas

Konsep dasar metode resistivitas adalah Hukum Ohm. Pada tahun 1826 George Simon Ohm melakukan eksperimen menentukan hubungan antara tegangan V pada penghantar dan arus I yang melalui penghantar dalam batas-batas karakteristik parameter penghantar. Parameter ini disebut resistansi R , yang didefinisikan sebagai hasil bagi tegangan V dan arus I , sehingga dituliskan

$$R = \frac{V}{I} \text{ atau } V = IR \quad (1)$$

dengan R adalah resistansi bahan (ohm), I adalah besar kuat arus (ampere), dan V adalah besar tegangan (volt).

Hukum Ohm menyatakan bahwa potensial atau tegangan antara ujung-ujung penghantar adalah sama dengan hasil kali resistansi dan kuat arus. Hal ini diasumsikan bahwa R tidak tergantung I , bahwa R adalah konstan (tetap). Hubungan resistansi, kuat arus, dan tegangan ditunjukkan oleh Gambar 2.1.



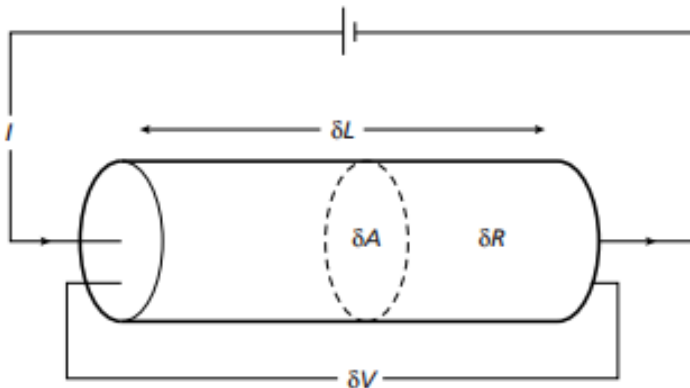
Gambar 2.1 Hubungan Resistansi, Arus dan Tegangan
(Sutoyo, 2003)

Arus listrik I pada sebuah penghantar didefinisikan sebagai jumlah muatan listrik positif (dq) yang melewati

penampang penghantar itu dalam arah tegak lurus per satuan waktu (dt), sehingga dapat ditulis

$$I = \frac{dq}{dt} \quad (2)$$

Ditinjau sebuah kawat dengan panjang l terhubung potensial di setiap ujung-ujungnya sebesar V_1 (+) dan V_2 (-) sehingga memberikan beda potensial ΔV , maka terdapat aliran muatan positif (I) yang bergerak dari potensial tinggi V_1 (+) ke potensial rendah V_2 (-). Adanya beda potensial di antara kedua ujung kawat menyebabkan adanya kuat medan listrik E . Kuat medan listrik E pada penghantar sebanding dengan beda potensial ΔV dan berbanding terbalik dengan panjang kawat penghantar l .



Gambar 2.2 Kawat dengan panjang L , luas penampang A , dialiri arus listrik I . (Telford, 1990)

$$E = \frac{\Delta V}{l} = \frac{V_1 - V_2}{l} \quad (3)$$

Semakin besar ΔV dan luas penghantar A , maka semakin banyak muatan yang berpindah dan kelajuan perpindahan muatan pun semakin besar. Ini berarti arus listrik menjadi

$$I \approx AE = \frac{\Delta V}{l} \quad (4)$$

Besaran rapat arus listrik (J) merupakan besaran vektor arus listrik per satuan luas penghantar lintang kotak, yaitu

$$J = \frac{I}{A} \quad (5)$$

Dengan J merupakan rapat arus (ampere/m²), I adalah kuat arus listrik (ampere) dan A adalah luas penampang penghantar (m²). Apabila pada medium homogen isotropis dialiri arus searah (I) dengan kuat medan listrik E (volt/meter), maka elemen arus (dI) yang melalui suatu elemen luas (dA) dengan rapat arus (J) akan berlaku hubungan

$$J = \frac{dI}{dA} = \frac{\Delta V}{\rho l} \quad (6)$$

Merujuk pada persamaan (3), persamaan (6) rapat arus menjadi

$$J = \frac{E}{\rho} = \sigma E \quad (7)$$

Dengan σ adalah konduktivitas penghantar dan ρ adalah resistivitas penghantar. Kuat medan listrik adalah gradien dari potensial skalar,

$$E = -\nabla V \quad (8)$$

Merujuk pada persamaan (8), maka persamaan (7) dapat ditulis sebagai

$$J = -\sigma \nabla V \quad (9)$$

Kuat arus listrik pada penampang juga bergantung pada jenis penghantar yang dinyatakan oleh resistivitas penghantar (ρ) yang dinyatakan dalam ohmmeter (Ωm) atau besaran konduktivitas σ yang memenuhi hubungan $\sigma = \frac{1}{\rho}$ yang dinyatakan dalam (ohmmeter)⁻¹. Hubungan antara besar arus listrik dan resistivitas penghantar dapat ditulis sebagai berikut

$$I = \sigma A \frac{\Delta V}{l} \text{ atau } I = \frac{A}{\rho l} \Delta V \quad (10)$$

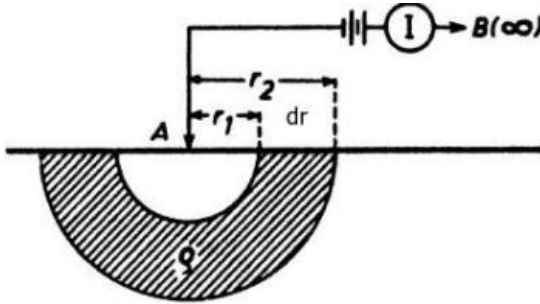
Persamaan (10) memberi makna bahwa nilai tahanan dari penghantar

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (11)$$

Dengan R adalah resistansi (ohm), ρ adalah resistivitas penghantar (ohmmeter), l adalah panjang penghantar (meter) dan A adalah luas penampang penghantar (m²) (Jati,2010). Resistivitas ρ dan konduktivitas σ adalah besaran-besaran yang menjelaskan mengenai baik atau buruknya bahan-bahan atau material-material dalam menghantar listrik (Sutoyo, 2003).

2.3 Titik Arus Tunggal di Permukaan

Metode pendekatan yang paling sederhana dalam mempelajari secara teoritis tentang aliran arus listrik dalam bumi dianggap homogen dan isotropis (Telford *et al.*,1990). Jika sebuah elektroda tunggal yang dialiri arus listrik diinjeksikan pada permukaan bumi yang homogen isotropis, maka akan terjadi aliran arus yang menyebar dalam tanah secara radial dan apabila udara di atasnya memiliki konduktivitas nol, maka garis potensialnya akan berbentuk setengah bola yang dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.3 Elektroda arus diinjeksikan kedalam bumi
(Telford,1990)

Aliran arus yang keluar dari titik sumber membentuk medan potensial dengan kontur ekipotensial berbentuk permukaan setengah bola di bawah permukaan. Dalam hal ini, arus mengalir melalui permukaan setengah bola maka arus yang mengalir melewati permukaan tersebut adalah

$$I = 2\pi r^2 J = -2\pi r^2 \sigma \frac{dv}{dr} = -2\pi \sigma A \quad (12)$$

Untuk konstanta integrasi A dalam setengah bola yaitu

$$A = -\frac{I\rho}{2\pi} \quad (13)$$

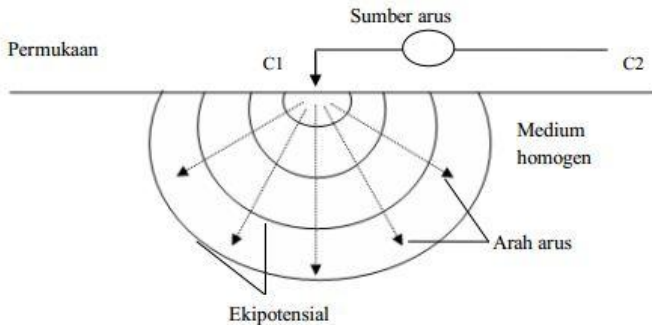
Sehingga diperoleh

$$V = -\frac{A}{r} \left(\frac{I\rho}{2\pi} \right) \frac{1}{r} \quad (14)$$

Dengan ΔV adalah beda potensial dan I adalah kuat arus yang dilalui oleh bahan (ampere). Maka nilai resistivitas listrik yang diberikan oleh medium

$$\rho = 2\pi r \frac{V}{I} \quad (15)$$

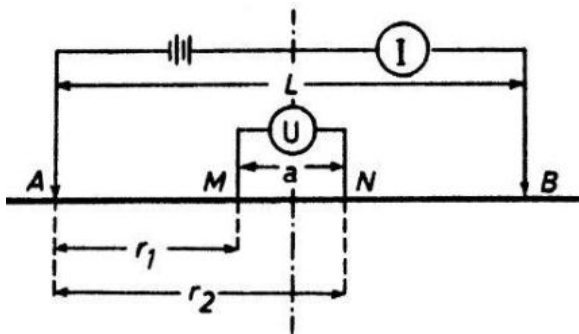
Persamaan (15) merupakan persamaan ekitensial permukaan setengah bola yang tertanam di bawah permukaan tanah (Telford *et al.*, 1990).



Gambar 2.4 Sumber arus berupa titik pada permukaan bumi homogen (Telford *et al.*, 1990)

2.4 Dua Titik Arus di Permukaan

Apabila terdapat elektroda arus C_1 yang terletak pada permukaan suatu medium homogen, terangkai dengan elektroda arus C_2 dan diantaranya ada dua elektroda potensial P_1 dan P_2 yang dibuat dengan jarak tertentu seperti pada (Gambar 2.5),



Gambar 2.5 Rangkaian elektroda ganda (Telford *et al.*, 1990)

maka potensial yang berada di dekat titik elektroda tersebut bisa dipengaruhi oleh kedua elektroda arus. Oleh karena itu potensial P_1 yang disebabkan arus di C_1 adalah

$$V_1 = -\frac{A_1}{r_1} \quad (16)$$

Dimana

$$A_1 = -\frac{I\rho}{2\pi} \quad (17)$$

Karena arus pada kedua elektroda adalah sama dan arahnya berlawanan, maka potensial P_1 yang disebabkan di C_2 adalah

$$V_2 = -\frac{A_2}{r_2} \quad (18)$$

Dimana

$$A_2 = -A_1 = \frac{I\rho}{2\pi} \quad (19)$$

Jika didapatkan potensial total di P_1

$$V_1 + V_2 = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (20)$$

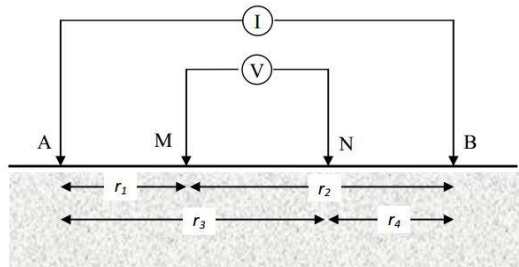
Dengan cara yang sama diperoleh potensial di P_2 yaitu

$$V_1 + V_2 = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \quad (21)$$

Sehingga dapat diperoleh beda potensial antara titik P_1 dan P_2 yaitu

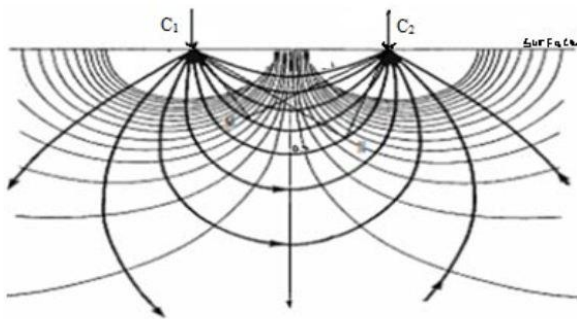
$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right] \quad (22)$$

Dengan ΔV adalah beda potensial antara P_1 dan P_2 , I adalah arus (A), ρ adalah resistivitas (Ωm), r_1 adalah jarak C_1 ke P_1 (m), r_2 adalah jarak C_1 ke P_2 (m), r_3 adalah jarak C_2 ke P_1 (m) dan r_4 adalah jarak C_2 ke P_2 (m).



Gambar 2.6 Dua pasang elektroda arus dan elektroda potensial pada permukaan medium homogen isotropis dengan resistivitas ρ (Telford *et al.*, 1990)

Susunan keempat elektroda tersebut merupakan susunan elektroda yang biasanya dalam metode geolistrik resistivitas. Pada konfigurasi ini garis-garis aliran arus dan ekipotensial yang melingkar lebih jelas pada daerah antara dua elektroda arus sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.7. (Reynolds, 1997).



Gambar 2.7 Pola aliran arus dan bidang ekipotensial antara dua elektroda arus dengan polaritas berlawanan (Reynolds, 1997).

2.5 Tahanan Jenis Semu (*Apparent Resistivity*)

Metode geolistrik tahanan jenis didasarkan pada anggapan bahwa bumi mempunyai sifat homogen isotropis. Dengan asumsi ini, tahanan jenis yang terukur merupakan tahanan jenis yang sebenarnya dan tidak tergantung pada spasi elektroda. Namun pada kenyataannya, bumi terdiri atas lapisan-lapisan dengan tahanan jenis yang berbeda-beda, sehingga potensial yang terukur merupakan pengaruh dari lapisan-lapisan tersebut. Dengan demikian tahanan jenis yang terukur bukan merupakan harga tahanan jenis untuk satu lapisan saja, terutama untuk spasi elektroda yang lebar. Dalam hal ini yang terukur adalah tahanan jenis semu (*apparent resistivity*, ρ_a). Dari persamaan (22) dapat diturunkan tahanan jenis semu yaitu

$$\rho_a = \frac{2\pi}{\left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4}\right)\right]} \frac{\Delta V}{I} \quad (23)$$

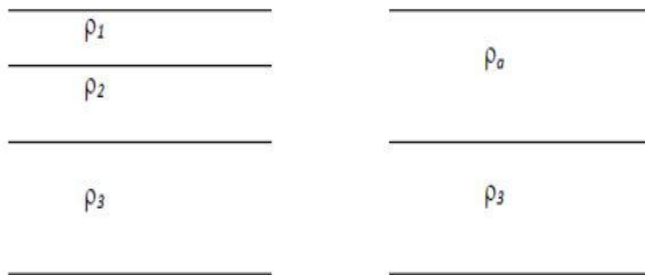
Atau

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (24)$$

Dengan

$$K = \frac{2\pi}{\left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4}\right)\right]} \quad (25)$$

K disebut dengan faktor geometri yang tergantung pada bentangan dan spasi elektroda yang digunakan. Untuk kasus tak homogen, bumi dianggap berlapis-lapis dimana setiap lapisan mempunyai harga tahanan jenis yang berbeda-beda. Tahanan jenis semu merupakan tahanan jenis dari suatu medium fiktif homogen yang ekuivalen dengan medium berlapis yang ditinjau. Sebagai contoh medium berlapis yang ditinjau misalnya terdiri dari dua lapisan yang mempunyai nilai tahanan jenis yang berbeda (ρ_1 dan ρ_2) dianggap sebagai satu lapisan medium homogen yang mempunyai satu harga tahanan jenis semu ρ_a .



Gambar 2.8 Konsep tahanan jenis semu. Lapisan 1 dan 2 menghasilkan harga tahanan jenis semu ρ_a (Reynolds, 1997).

2.6 Metode Geolistrik Resistivitas

Metode pengamatan geofisika pada dasarnya adalah mengamati gejala-gejala gangguan yang terjadi pada keadaan normal. Gangguan ini dapat bersifat statik dapat juga bersifat dinamik, yaitu gangguan yang dipancarkan ke bawah permukaan bumi. Metode geolistrik resistivitas merupakan salah satu metode yang paling umum digunakan dalam eksplorasi geolistrik. Metode ini digunakan untuk menggambarkan keadaan bawah permukaan dengan mempelajari resistivitas listrik dari lapisan batuan di dalam bumi, dimana bumi tersusun atas batuan yang memiliki daya hantar listrik yang berbeda-beda. Pada metode ini, arus listrik dialirkan ke dalam lapisan bumi melalui dua buah elektroda potensial. Dengan diketahuinya harga arus potensialnya maka bisa ditentukan nilai resistivitasnya. Menurut Loke (1995), data yang diperoleh di lapangan merupakan data nilai resistivitas bawah permukaan. Berdasarkan data tersebut kemudian dilakukan perhitungan *inversi* sehingga diperoleh variasi resistivitas dari suatu sistem pelapisan tanah yang berasosiasi dengan struktur geologi di bawah permukaan (Santoso, 2002). Berdasarkan nilai resistivitas struktur lapisan bawah permukaan bumi, dapat diketahui jenis material pada lapisan tersebut (Telford *et al.*, 1990). Metode geolistrik juga dapat digunakan pada

penyelidikan hidrogeologi seperti penentuan akuifer dan adanya kontaminasi, penyelidikan mineral, survei arkeologi dan deteksi *hotrocks* pada penyelidikan panas bumi (Reynold, 1997).

Metode geolistrik resistivitas diterapkan dengan menggunakan sumber arus buatan yang diinjeksikan ke dalam tanah melalui ujung-ujung elektroda (Telford *et al.*, 1990). Metode geolistrik resistivitas menghasilkan variasi perubahan nilai resistivitas (distribusi resistivitas) baik ke arah horisontal maupun vertikal. Metode geolistrik resistivitas efektif bila digunakan untuk eksplorasi yang sifatnya dangkal. Oleh karena itu metode ini jarang digunakan untuk eksplorasi minyak, tetapi lebih banyak digunakan dalam bidang geologi seperti penentuan kedalaman batuan dasar, pencairan reservoir air, juga dalam eksplorasi geothermal dan geofisika lingkungan.

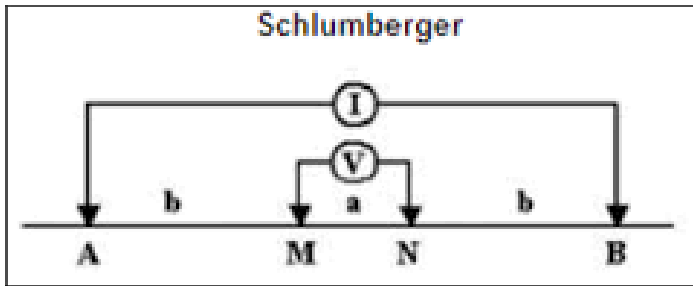
Berdasarkan teknik pengukuran geolistrik, dikenal dua teknik pengukuran yaitu metode geolistrik resistivitas *mapping* dan *sounding (drilling)*. Metode geolistrik resistivitas *mapping* merupakan metode resistivitas yang bertujuan untuk mempelajari variasi resistivitas lapisan bawah permukaan secara horisontal. Oleh karena itu, pada metode ini digunakan jarak spasi elektroda yang tetap untuk semua titik sounding (titik amat) di permukaan bumi. Metode geolistrik resistivitas *sounding* bertujuan untuk mempelajari variasi resistivitas batuan di bawah permukaan bumi secara vertikal. Pada metode ini, pengukuran pada suatu titik *sounding* dilakukan dengan jalan mengubah-ubah jarak elektroda. Perubahan jarak elektroda dilakukan dari jarak elektroda kecil kemudian membesar secara gradual. Jarak elektroda ini sebanding dengan kedalaman lapisan batuan yang terdeteksi. Semakin besar jarak elektroda, semakin dalam lapisan batuan yang terdeteksi. Pada pengukuran di lapangan, pembesaran jarak elektroda dapat dilakukan jika menggunakan alat geolistrik yang memadai. Dalam hal ini alat tersebut harus dapat menghasilkan arus yang besar atau arus yang cukup sensitif dalam mendeteksi beda potensial yang kecil di dalam bumi. Oleh karena itu, alat geolistrik yang baik adalah alat yang dapat menghasilkan arus

listrik cukup besar dan mempunyai sensitifitas tinggi (Reynold, 1997).

Beberapa macam konfigurasi elektroda yang sering digunakan, diantaranya : konfigurasi *Wenner*, konfigurasi *Wenner-Schlumberger*, konfigurasi *Dipole-dipole*, konfigurasi *Pole-pole*, *Rectangle Line Source* dan lain-lain (Anggraeni, 2004).

2.7 Konfigurasi *Schlumberger*

Konfigurasi *Schlumberger* bertujuan untuk mencatat intensitas medan listrik dengan menggunakan pasangan elektroda pengukur yang berjarak rapat.



Gambar 2.9 Konfigurasi *Schlumberger*. (Ary, 2008)

Pada konfigurasi *Schlumberger* berlaku $OM = ON = l$ dan $OA = OB = L$, sehingga tahanan jenis semunya adalah :

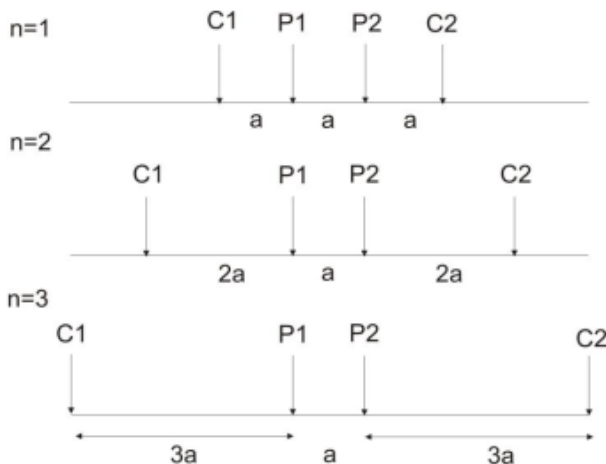
$$\rho_s = K_s \frac{\Delta V}{I} \quad (26)$$

Dengan

$$K_s = \frac{\pi(L^2 - l^2)}{2l} \quad (27)$$

Pada konfigurasi *Schlumberger* jarak elektroda potensial relatif jarang diubah-ubah meskipun jarak elektroda arus selalu diubah-ubah. Hanya harus diingat bahwa jarak antar

elektroda arus harus jauh lebih besar dibanding jarak antar elektroda potensial selama melakukan perubahan spasi elektroda. Dalam hal ini, selama pembesaran jarak elektroda arus, jarak elektroda potensial tidak perlu diubah. Hanya jika jarak elektroda arus relatif sudah cukup besar maka jarak elektroda potensial perlu diubah (Ary, 2008).



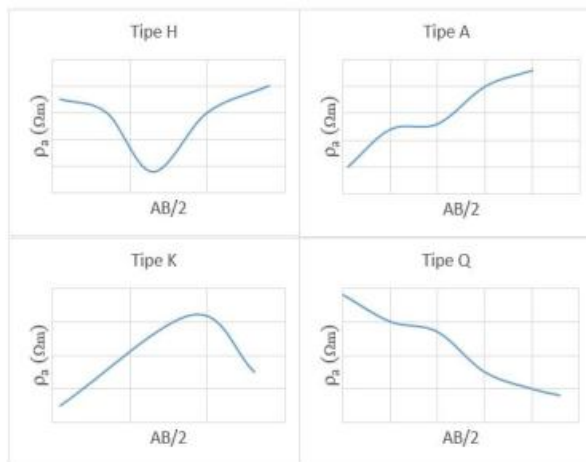
Gambar 2.10 Rangkaian elektroda konfigurasi *Schlumberger*.
(Ary, 2008)

2.8 Interpretasi Data dengan *Curve Marching*

Batuan dapat terdiri atas satu, dua, tiga lapisan atau lebih. Untuk batuan yang terdiri atas dua lapis dapat diinterpretasikan dengan menggunakan lengkung baku (*master curve*) yang variasi resistivitas dan ketebalan lapisannya dapat digambarkan dalam dua jenis lengkung baku (masing-masing merupakan set dari beberapa kurva resistivitas semu sebagai fungsi $1/2 AB$), yaitu lengkung baku dengan $\rho_1 > \rho_2$ dan lengkung baku dengan $\rho_1 < \rho_2$ (ρ_1 adalah nilai resistivitas pada lapisan 1 dan ρ_2 adalah resistivitas pada lapisan 2). Dalam

interpretasi metode geolistrik konfigurasi *Schlumberger* dikenal adanya dua tipe lengkung baku (*standard* atau *master*) dan empat tipe lengkung bantu. Dua tipe lengkung baku tersebut adalah lengkung baku untuk struktur dua lapis yang menurun (bila $\rho_2 < \rho_1$) dan lengkung bantu untuk struktur dua lapis yang menaik (bila $\rho_2 > \rho_1$). Sedangkan empat tipe lengkung bantu adalah lengkung bantu tipe H, A, K, dan Q. (Saputro, 2012)

Lengkung bantu tipe H yaitu lengkung bantu yang dipakai bila pada lengkung resistivitas semuanya terlihat berbentuk pinggan (minimum di tengah). Lengkung bantu tipe K yaitu lengkung bantu yang harus dipakai bila pada lengkung resistivitas semuanya terlihat lengkungan berbentuk lonceng. Lengkung bantu tipe A yaitu lengkung bantu yang dipakai bila pada lengkung resistivitas semuanya terlihat nilai yang selalu naik. Lengkung bantu tipe Q yaitu lengkung bantu yang harus dipakai apabila pada lengkung resistivitas semuanya terlihat nilai yang cenderung selalu turun.

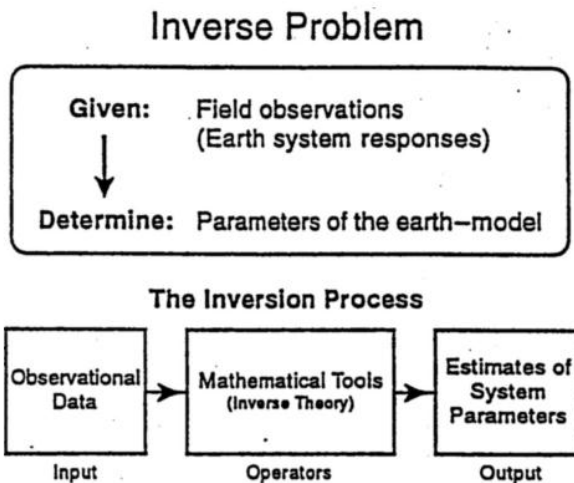


Gambar 2.11 Tipe-tipe lengkung bantu. (Telford, 1990)

2.9 Proses Inversi Resistivitas 1Dimensi

2.9.1 Konsep Dasar Proses Inversi 1Dimensi

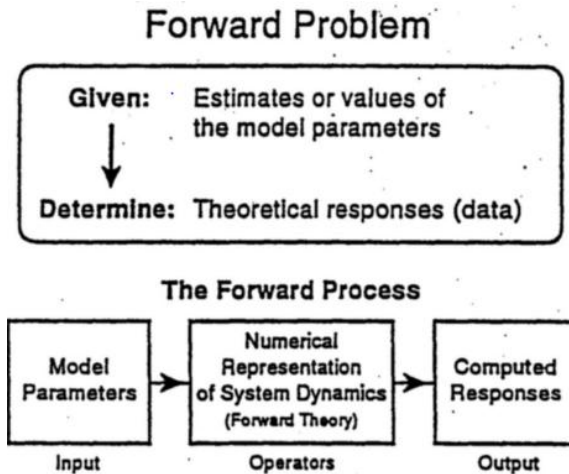
Dalam geofisika, kegiatan pengukuran lapangan selalu dilakukan berdasarkan prosedur yang sudah ditentukan. Hasil pengukuran tersebut sudah barang tentu sangat tergantung pada kondisi dan sifat fisis batuan bawah permukaan. Penghubung dari keduanya hampir selalu berupa persamaan matematika atau kita menyebutnya sebagai model matematika. Maka dengan berdasarkan model matematika itulah, kita bisa mengekstrak parameter fisis batuan dari data observasi. Proses ini disebut proses inversi atau istilah asingnya disebut *inverse modelling*. Sementara proses kebalikannya dimana kita ingin memperoleh data prediksi hasil pengukuran berdasarkan parameter fisis yang sudah diketahui, maka proses ini disebut proses forward atau *forward modelling*.



Gambar 2.12 Alur pemodelan inversi (Supianto, 2007)

Proses inversi adalah suatu proses pengolahan data lapangan yang melibatkan teknik penyelesaian matematika dan statistik untuk mendapatkan informasi yang berguna mengenai distribusi sifat fisis bawah permukaan. Di dalam proses inversi,

kita melakukan analisis terhadap data lapangan dengan cara melakukan *curve fitting* (pencocokan kurva) antara model matematika dan data lapangan. Tujuan dari proses inversi adalah untuk mengestimasi parameter fisis batuan yang tidak diketahui sebelumnya (unknown parameter).

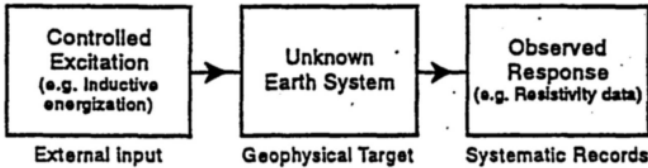


Gambar 2.13 Alur pemodelan forward (Suprianto, 2007)

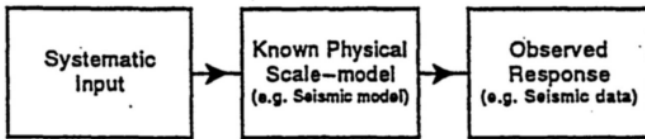
Tujuan utama dari kegiatan eksplorasi geofisika adalah untuk membuat model bawah permukaan bumi dengan mengandalkan data lapangan yang diukur bisa pada permukaan bumi atau di bawah permukaan bumi atau bisa juga di atas permukaan bumi dari ketinggian tertentu. Untuk mencapai tujuan ini, idealnya kegiatan survey atau pengukuran harus dilakukan secara terus menerus, berkelanjutan dan terintegrasi menggunakan sejumlah ragam metode geofisika. Seringkali terjadi beberapa kendala akan muncul dan tidak bisa dihindari, seperti kehadiran *noise* pada data yang diukur. Ada juga kendala ketidaklengkapan data. Namun demikian dengan analisis data yang paling mungkin, dapat diupayakan memperoleh informasi yang relatif valid berdasarkan keterbatasan data yang dimiliki. (Suprianto, 2007)

Gathering Data

Field Experiment:



Laboratory Experiment:



Gambar 2.14 Alur eksperimen lapangan dan laboratorium
(Suprianto, 2007)

Pada pengukuran lapangan, data geofisika yang terukur antara lain bisa berupa densitas, kecepatan gelombang seismik, modulus bulk, hambatan jenis batuan, permeabilitas batuan, suseptibilitas magnet dan lain sebagainya yang termasuk dalam besaran fisis sebagai karakteristik bawah permukaan bumi. Pada pengukuran di laboratorium, model lapisan bumi ataupun keberadaan anomali dalam skala kecil dapat dibuat dan diukur responnya sebagai data geofisika. Diharapkan hasil uji laboratorium tersebut bisa mewakili kondisi lapangan yang sesungguhnya yang dimensinya jauh lebih besar.

Jika suatu pengukuran diulang berkali-kali seringkali kita temukan hasil pengukuran yang berubah-ubah, walaupun dengan variasi yang bisa ditolerir. Variasi ini umumnya disebabkan oleh kesalahan instrumen pengukuran (instrumental error) atau bisa juga dikarenakan kesalahan manusia (human

error). Seluruh variasi ini bila di-plot kedalam histogram akan membentuk distribusi probabilistik. (Suprianto, 2007)

Setelah survei lapangan, pengukuran resistansi biasanya dikurangi menjadi nilai resistivitas semu. Hampir semua sistem software komputer melaksanakan konversi ini. Pada bagian diuraikan langkah-langkah yang terlibat dalam mengkonversi nilai tahanan jenis semu menjadi model bagian resistivitas yang dapat digunakan untuk interpretasi geologi. Untuk suatu set data yang sama yang diukur, ada berbagai model yang dapat digunakan untuk menghitung nilai tahanan jenis semu yang sama. Untuk mempersempit berbagai model, biasanya beberapa asumsi yang dibuat mengenai sifat bawah permukaan yang dapat dimasukkan ke dalam inversi. Di hampir semua survei, sesuatu yang diketahui tentang geologi bawah permukaan, misalnya apakah bawah permukaan tubuh diharapkan memiliki batas gradational atau tajam.

2.9.2 Forward Modelling Resistivitas 1Dimensi

Seluruh proses geofisika dapat dideskripsikan secara matematika. Suatu formulasi yang bisa menjelaskan sistem geofisika disebut model. Namun perlu ditekankan juga bahwa istilah model memiliki ragam konotasi berbeda di kalangan geosaintis. Misalnya, orang geologi kerap kali menggunakan istilah model konseptual, atau istilah model fisik yang digunakan untuk menyebutkan hasil laboratorium, atau yang biasa disebut model matematika. Kebanyakan proses geofisika dapat dideskripsikan oleh persamaan integral berbentuk

$$di = \int_0^z Ki(z)p(z)dz \quad (28)$$

Dimana di adalah respon atau data yang terukur, $p(z)$ adalah suatu fungsi yang berkaitan dengan parameter fisis yang hendak dicari (misalnya : hambatan jenis, densitas, kecepatan dll) yang selanjutnya disebut parameter model, dan Ki disebut data kernel. Data kernel menjelaskan hubungan antara data dan

parameter model $p(z)$. Parameter model (misalnya : kecepatan, resistivitas dan densitas) bisa jadi merupakan fungsi yang kontinyu terhadap jarak atau posisi. Sebagai contoh, waktu tempuh t antara sumber gelombang seismik dengan penerimanya sepanjang lintasan L dalam medium, yang distribusi kecepatan gelombangnya kontinyu $v(x, z)$, ditentukan oleh

$$t = \int_L \frac{1}{v(x,z)} dl \quad (29)$$

Deskripsi matematika terhadap sistem geofisika seperti contoh diatas disebut *forward modelling*. *Forward modelling* digunakan untuk memprediksi data simulasi berdasarkan hipotesa kondisi bawah permukaan. Data simulasi tersebut biasanya dinamakan data teoritik atau data sintetik atau data prediksi atau data kalkulasi. Cara seperti ini disebut pendekatan *forward* atau lebih dikenal sebagai pemodelan *forward*.

Pada persamaan (28), persamaan integral ini relatif mudah dievaluasi secara komputasi dengan matematika diskrit. Pendekatan komputasi memungkinkan untuk menyederhanakan $p(z)dz$ menjadi m , sementara Ki menjadi Gi sehingga persamaan (28) dapat dinyatakan seabagai

$$di = \sum Gijmj \quad (30)$$

Ini adalah bentuk diskritisasi. Secara umum, memang pada kenyataannya ketika melakukan eksperimen di lapangan, data pengukuran maupun parameter model selalu dibatasi pada interval tertentu. Kita sering berasumsi bahwa bawah permukaan bumi terdiri dari lapisan-lapisan yang masing-masing memiliki sifat fisis atau parameter fisis $p(z)$ yang seragam. Misalnya lapisan tertentu memiliki densitas sekian dna ketebalan sekian. Langkah praktis ini yang terkesan menyederhanakan objek lapangan disebut langkah parameterisasi. Jadi selalu memandang model yang diskrit dan juga parameter yang diskrit daripada

model dan parameter yang kontinyu. Sehingga proses inversi yang akan dilakukan disebut sebagai teori inversi diskrit dan bukan teori inversi kontinyu.

Dalam bentuk diskrit, persamaan (29) bisa dinyatakan sebagai

$$ti = \sum_{j=1}^p \frac{Lij}{vj} \quad (31)$$

Perlu diketahui bahwa waktu tempuh t tidak berbanding lurus dengan parameter model v , melainkan berbanding terbalik. Hubungan ini dinamakan non-linear terhadap v . Namun demikian, jika mendefinisikan parameter model $c = 1/v$, dimana c adalah slowness gelombang seismik, maka dapat ditanyakan sebagai

$$ti = \sum_{j=1}^p LijCj \quad (32)$$

Hubungan ini disebut linear. Persamaan memenuhi bentuk $d = Gm$. Operasi transformasi seperti ini dinamakan linearisasi parameter. Dan proses menuju kesana dinamakan linearisasi.

Kemudian dilihat dari permasalahan dari pengukuran resistivitas semu dengan metode *Schlumberger* untuk mengamati lapisan bawah permukaan yang diasumsikan terdiri dari dua lapisan. Formula model yang diturunkan oleh Parasnis, 1986 adalah

$$\rho a(L) = \rho_1(1 + 2L^2 \int_0^\infty K(\lambda)J_1(\lambda L)\lambda d\lambda) \quad (33)$$

Dimana $L = AB/2$ adalah jarak masing-masing elektroda terhadap titik tengah, J_1 adalah fungsi Bessel orde 1 dan $K(\lambda)$ adalah fungsi parameter (resistivitas masing-masing lapisan yaitu ρ_1 dan ρ_2 serta ketebalan lapisan paling atas t dari sistem yang diasumsikan. $K(\lambda)$ dinyatakan sebagai

$$K(\lambda) = \frac{-k_{1,2}^{(-2\lambda t)}}{1 + -k_{1,2}^{(-2\lambda t)}} \quad (34)$$

Dimana

$$k_{1,2} = \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_1 + \rho_2} \quad (35)$$

Dapat dilihat bahwa persamaan (33) tidak bisa didekati dengan $d = Gm$ sebagaimana yang dilakukan pada persamaan (29). Oleh karena itu persamaan resistivitas semu diatas disebut *highly non-linear*. (Suprianto, 2007)

2.10 Air Bawah Permukaan

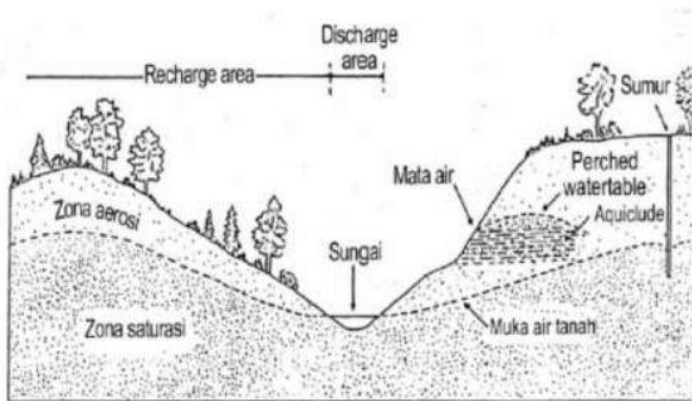
Air bawah permukaan adalah sejumlah air di bawah permukaan bumi yang dapat dikumpulkan dengan sumur-sumur, terowongan atau sistem drainase, atau aliran yang secara alami mengalir ke permukaan tanah melalui pancaran atau rembesan (Kodoatie, 2000). Kebanyakan air tanah berasal dari hujan. Air hujan yang meresap ke dalam tanah menjadi bagian dari air tanah, perlahan-lahan mengalir ke laut, atau mengalir langsung dalam tanah atau dipermukaan dan bergabung dengan aliran sungai.

Banyaknya air yang meresap ke tanah bergantung pada ruang dan waktu, selain itu juga dipengaruhi kecuraman lereng, kondisi material permukaan tanah dan jenis serta banyaknya vegetasi dan curah hujan. Meskipun curah hujan besar tetapi lerengnya curam, ditutupi material impermeabel, persentase air mengalir di permukaan lebih banyak dari pada meresap ke bawah. Sedangkan pada curah hujan sedang, pada lereng landai dan permukaannya permeabel, persentase air yang meresap lebih banyak.

Sebagian air yang meresap tidak bergerak jauh karena tertahan oleh daya tarik molekuler sebagai lapisan pada butiran-butiran tanah. Sebagian menguap ke atmosfer dan sisanya merupakan cadangan bagi tumbuhan selama belum ada hujan. Air yang tidak tertahan dekat permukaan menerobos ke bawah sampai zona dimana seluruh ruang terbuka pada sedimen atau batuan

terisi air (jenuh air). Air dalam zona saturasi (*zone of saturation*) ini dinamakan air tanah (*ground water*). Batas atas zona ini disebut muka air tanah (*water table*). Lapisan tanah, sedimen atau batuan di atasnya yang tidak jenuh air disebut zona aerasi (*zone of aeration*).

Muka air tanah umumnya tidak horisontal, tetapi lebih kurang mengikuti permukaan topografi di atasnya. Apabila tidak ada hujan maka muka air di bawah bukit akan menurun perlahan-lahan sampai sejajar dengan lembah. Namun hal ini tidak terjadi, karena hujan akan mengisi (*recharge*) lagi. Daerah dimana air hujan meresap kebawah (*precipitation*) sampai zona saturasi dinamakan daerah rembesan (*recharge area*). Dan daerah dimana air tanah keluar dinamakan *discharge area*. Secara jelas, hal-hal yang berkaitan dengan air bawah permukaan dapat dilihat pada Gambar 2.15



Gambar 2.15 Posisi relatif bagian dari air tanah

Air tanah berasal dari berbagai sumber. Air tanah yang berasal dari resapan air permukaan disebut air *metoric*. Air tanah bisa juga berasal dari air yang terjebak pada waktu pembentukan batuan sedimen disebut air *konat*. Air tanah yang berasal dari aktivitas magma ini disebut dengan air *juvenil* (*juvenil water*).

Dari ketiga sumber air tanah tersebut air *metoric* merupakan sumber air terbesar.

Air tanah ditemukan pada formasi geologi permeabel (tembus air) yang dikenal sebagai *akuifer* yang merupakan formasi pengikat air yang memungkinkan jumlah air yang cukup besar untuk bergerak melaluinya pada kondisi lapangan yang biasa. Air tanah juga ditemukan pada *akiklud* (atau dasar semi permeabel) yaitu suatu formasi yang berisi air tetapi tidak dapat memindahkannya dengan cukup cepat untuk melengkapi persediaan yang berarti pada sumur atau mata air. Deposit glasial pasir dan kerikil, kipas aluvial dataran banjir dan deposit delta pasir semuanya merupakan sumber-sumber air yang sangat baik.

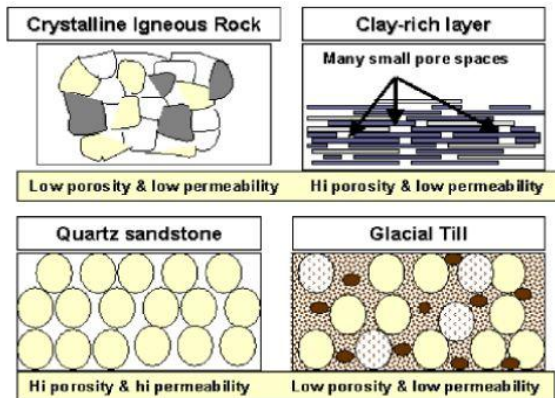
Berdasarkan pengamatan lapangan, akuifer dijumpai pada bentuk lahan sebagai berikut. Lintasan air (*water course*) yaitu bentuk lahan dimana materialnya terdiri dari aluvium yang mengendap di sepanjang alur sungai sebagai bentuk dataran banjir serta tanggul alam. Bahan aluvium itu biasanya berupa pasir dan kerikil. Dataran (*plain*) yaitu bentuk lahan berstruktur datar dan tersusun atas bahan aluvium yang berasal dari berbagai bahan induk sehingga merupakan akuifer yang baik. Lembah antar pegunungan (*intermontane valley*) merupakan lembah yang berada di antara dua pegunungan dan materialnya berasal dari hasil erosi dan gerak massa batuan dari pegunungan disekitarnya. Lembah terkubur (*buried valley*) merupakan lembah yang tersusun oleh material lepas yang berupa pasir halus sampai kasar. (Tood, 1980)

2.11 Porositas dan Permeabilitas

Air dapat menyusup (*infiltrate*) ke bawah permukaan karena batuan dasar yang padat mempunyai ruang pori-pori (*pore spaces*), seperti halnya tubuh tanah yang urai yaitu pasir dan kerakal. Pori-pori atau ruang kosong dalam batuan dapat berupa ruang antar butiran-butiran mineral, rekahan-rekahan, rongga-rongga pelarutan, atau gelembung (*vesicle*). Dua sifat fisik yang

mengontrol besar kandungan dan pergerakan air bawah permukaan adalah porositas dan permeabilitas.

Porositas adalah perbandingan antar ruang kosong dengan seluruh volume batuan atau sedimen yang dinyatakan dalam persen (Sapiie, 2006). Porositas menentukan banyaknya air yang dapat dikandung dalam batuan. Porositas dipengaruhi oleh besar dan bentuk butir material penyusun batuan tersebut, susunan butiran-butirannya dan ukuran pori Gambar 2.16



Gambar 2.16 Porositas dan Permeabilitas

Porositas dapat dibagi menjadi dua yaitu porositas primer dan porositas sekunder. Porositas primer adalah porositas yang ada sewaktu bahan tersebut terbentuk sedangkan porositas sekunder dihasilkan oleh retakan-retakan dan alur yang terurai. Pori-pori merupakan ciri batuan sedimen klasik dan bahan butiran lainnya. Pori berukuran kapiler dan membawa air yang disebut air pori.

Porositas merupakan angka tak berdimensi biasanya diwujudkan dalam bentuk prosentase (%). Umumnya untuk tanah normal mempunyai porositas berkisar antara 25%-75%, sedangkan untuk batuan yang terkonsolidasi (*consolidated rock*) berkisar antara 0%-10%. Material berbutir halus mempunyai

porositas yang lebih besar dibandingkan dengan berbutir kasar. Porositas pada material seragam lebih besar dibandingkan material beragam (*wellgraded material*).

Permeabilitas juga sangat berpengaruh pada aliran dan jumlah air tanah. Permeabilitas merupakan kemampuan batuan atau tanah untuk melewatkan atau meloloskan air melalui sumber media porous (Seyhan,1977). Permeabilitas tergantung pada faktor-faktor seperti besarnya rongga-rongga dan derajat hubungan antar rongga. Batuan yang porositasnya rendah umumnya permeabilitasnya pun rendah dan batuan yang porositasnya tinggi belum tentu permeabilitasnya tinggi, karena besarnya hubungan antar rongga sangat menentukan.

Demikian pula dengan gaya tarik molekuler permukaan batuan yang merupakan gaya tarik menarik antar permukaan padat dan lapisan film air. Gaya tarik ini bekerja tegak lurus terhadap ruang pori. Pada tekanan yang normal air akan menempel ketat ditempatnya sehingga permeabilitas rendah. Tabel 2.2 memperlihatkan nilai porositas dan permeabilitas berbagai batuan.

Tabel 2.2 Nilai porositas berbagai batuan (Verhoef, 1992)

Batuan	Porositas (%)	Permeabilitas(cm/jam)
Lempung	45-55	0,0008
Pasir	35-40	10,42-187,5
Kerikil	30-40	625-1875
Pasir dan kerikil	20-35	-
Batu pasir	10-20	0,83-12,92
Serpil	1-10	-
Batu gamping	1-10	3,93
Cadas/tuf	-	0,83

2.12 Sifat Batuan Terhadap Air Tanah

Berdasarkan perlakuan batuan terhadap air tanah, yang terutama tergantung pada sifat fisik teksturdari batuan, batuan dapat dibedakan menjadi :

1. *Aquifer*, batuan yang mempunyai susunan sedemikian rupa sehingga dapat mengalirkan air yang cukup berarti. Contoh : pasir, kerikil, batu pasir, lava yang retak-retak, dan sebagainya.

2. *Aquiclude*, batuan yang dapat menyimpan air tetapi tidak dapat mengalirkannya dalam jumlah yang berarti. Contoh : lempung, shale, tuf halus, silt.

3. *Aquifuge*, batuan yang tidak dapat menyimpan dan meneruskan air. Contoh : granit, batuan kompak, batu keras dan padat.

4. *Aquitar*, batuan yang mempunyai susunan sehingga dapat menyimpan dan mengalirkan dalam jumlah sedikit. Misalnya tampak adanya rembesan atau kebocoran. Biasanya *aquitar* berada antara *aquifer* dan *aquiclude*.

Berdasarkan litologinya, *aquifer* dibedakan menjadi empat jenis yaitu :

1. *Aquifer* bebas (*unconfined aquifer*) yaitu suatu *aquifer* dimana muka air tanah merupakan bidang batas sebelah atas daripada zona jenuh air.

2. *Aquifer* tertekan (*confined aquifer*) yaitu suatu *aquifer* dimana air tanah terletak di bawah lapisan keda air (*impermeable*) dan mempunyai tekanan lebih besar dari tekanan atmosfer.

3. *Aquifer* bocor (*leakage aquifer*) yaitu suatu *aquifer* dimana letak air tanah terletak di bawah lapisan tanah setengah kedap air. Sehingga *aquifer* terletak di antara *aquifer* bebas dan *aquifer* tertekan.

4. *Aquifer* menggantung (*perched aquifer*) yaitu air tanah yang mempunyai massa air tanah yang terpisah dari air

tanah induk oleh suatu lapisan kedap air yang tidak begitu luas (Sosrodarsono, 1993).

2.13 Jenis-jenis Batuan

Secara umum batuan terbagi atas tiga bagian, yaitu : batuan beku, batuan sedimen dan batuan malihan atau metamorf.

1. Batuan beku (*Igneus Rock*), batuan beku yang terbentuk sebagai akibat pembentukan magma pada permukaan bumi (dalam batolit), pipa magma atau kawah (*vent*), *sill*, *dike* (retas) dan diatas permukaan bumi (lelehan).

a. Batuan beku intrusif (*intrusive rocks*)

Batuan beku ini terbagi pula menjadi : batuan beku dalam, batuan beku porfir dan batuan beku afanitik. Batuan beku dalam (*plutonik*) terjadi sebagai akibat pembekuan magma yang jauh di dalam bumi. Batuan beku ini dicirikan dengan komposisi kristal berukuran besar atau kasar (faneritik), dan mudah dibedakan secara mata telanjang (megaskopis). Plutonik diambil dari nama dewa bangsa Yunani kuno, dewa penguasa bumi. Contoh batuan beku intrusif adalah granit, granodiorit, diorit, sianit, gabro. Batuan beku porfir terbentuk disekitar pipa magma atau kawah, komposisi kristal beragam, ada yang besar atau kasar dan sedang (porfiritik). Contohnya : granit porfir, riolit porfir, granodiorit porfir, dasit porfir, diorit porfir, andesit porfir. Batuan beku afanitik memiliki tekstur kristal yang halus, contohnya : andesit, dasit, basal, latit, riolit, trakit.

b. Batuan beku ekstrusif (*extrusive rocks, volcanic rocks*)

Terbentuk sebagai akibat magma atau lava yang mengalir ke permukaan bumi kemudian membeku akibat proses pendinginan yang cepat, dicirikan dengan komposisi

krystal yang sangat halus (*amorf*). Contohnya : obsidian, *pitchstone*, lava, perlit, felsir, basal.

2. Batuan sedimen (*Sedimentary Rock*), batuan sedimen (endapan) yang terbentuk sebagai akibat pengendapan material yang berasal dari pecahan, bongkahan batuan yang hancur karena proses alam, kemudian terangkut oleh air, angin, es dan terakumulasi dalam satu tempat (cekungan), kemudian termampatkan menjadi satu lapisan batuan baru. Batuan sedimen mempunyai ciri berlapis sebagai akibat terjadinya perulangan pengendapan. Batuan sedimen dibagi menjadi : batuan sedimen klastik, batuan sedimen organik dan batuan sedimen kimia. Batuan sedimen klastik terbentuk sebagai akibat kompaksi dari material batuan beku, batuan sedimen lain dan batuan malihan dengan ukuran butir beragam. Karena pembentukan tersebut diakibatkan oleh angin, air atau es maka disebut juga batuan sedimen mekanik (*mechanical sediment*). Contohnya : batu gamping, batu pasir, batu lempung, breksi, konglomerat, tilit, batu lanau, arkosa (batu pasir felspar), *arenaceous* (serpih pasiran), *argillaceous* (serpih lempungan), *carbonaceous* (serpih gampingan). Batuan sedimen organik adalah batuan sedimen yang mengandung sisa organisme yang terawetkan. Contohnya : batu bara terbentuk dari timbunan dari sisa-sisa tumbuhan di dasar danau (rawa-rawa berubah menjadi gambut, selanjutnya menjadi batubara muda atau batubara). Batuan sedimen kimia yaitu batuan yang terangkut dalam bentuk larutan kemudian diendapkan secara kimia di tempat lain. Contohnya : evaporasi dari air laut dan air danau.

3. Batuan malihan atau metamorf (*Metamorphic Rock*), merupakan batuan yang terbentuk dari batuan asal (batuan beku, sedimen, metamorf) yang mengalami perubahan temperatur, tekanan atau temperatur dan tekanan secara

bersamaan dalam waktu yang lama dan berakibat pada pembentukan mineral-mineral baru dan tekstur batuan yang baru. (Nandi, 2010)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

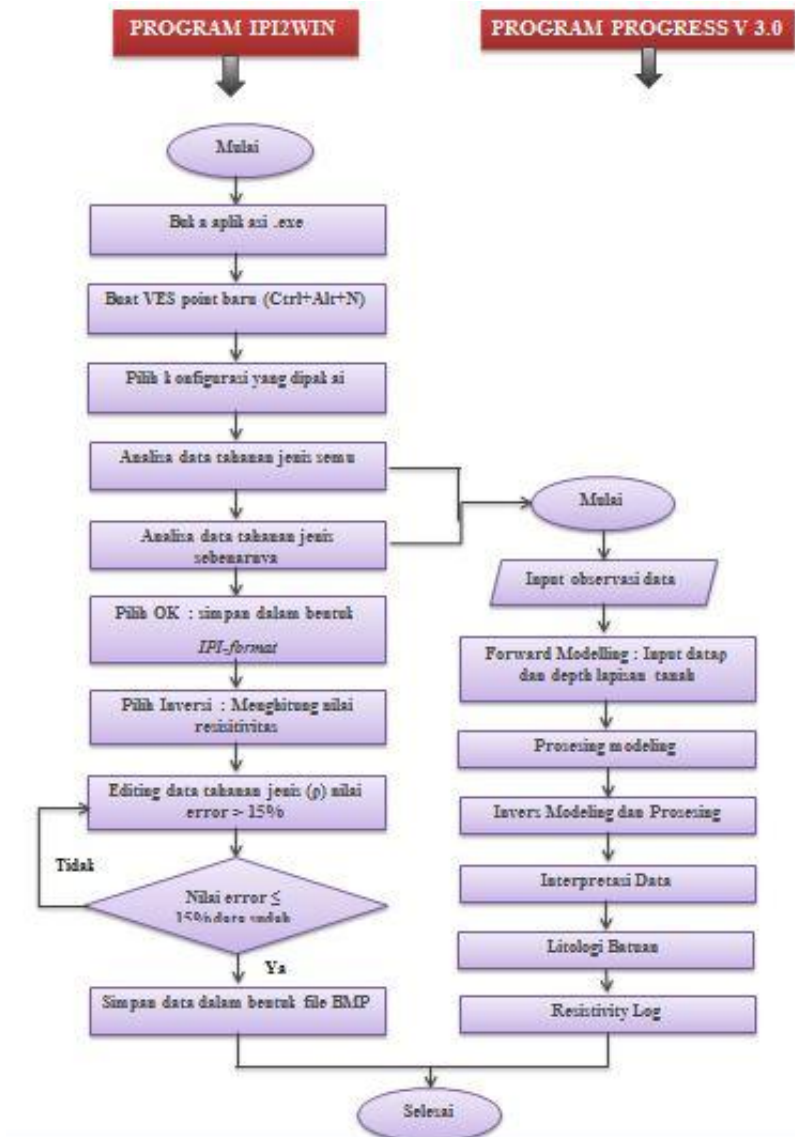
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini yang dilakukan untuk menentukan letak suatu akuifer air tanah adalah survey lokasi, mengetahui gambaran daerah umum penelitian, kondisi geologi daerah penelitian dan melakukan eksplorasi geolistrik tahanan jenis *Vertical Electrical Sounding (VES)*. Secara umum kegiatan yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2 yang merupakan diagram alir dari penelitian Tugas Akhir ini.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir



Gambar 3.2 Diagram Alir Pengolahan Data

3.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Secara geografis Kabupaten Blora terletak diantara $111^{\circ}016'$ sampai dengan $111^{\circ}338'$ Bujur Timur dan diantara $6^{\circ}528'$ sampai dengan $7^{\circ}248'$ Lintang Selatan. Di sebelah Utara Kabupaten ini berbatasan dengan Kabupaten Rembang dan Kabupaten Pati, di sebelah Timur dengan Kabupaten Bojonegoro (Jawa Timur), di sebelah Selatan dengan Kabupaten Ngawi (Jawa Timur) dan di sebelah Barat dengan Kabupaten Grobogan. Kabupaten Blora terdiri atas 16 Kecamatan yang dibagi lagi atas sejumlah 271 Desa dan 24 Kelurahan. Disamping Blora, kota-kota Kecamatan lainnya yang cukup signifikan adalah Cepu, Ngawen dan Randublatung. Luas wilayah Kabupaten Blora adalah, 1.820,59 km² (182058,3077) atau sekitar 5,5 persen luas wilayah Propinsi Jawa Tengah. Kecamatan yang memiliki wilayah terluas adalah Randublatung seluas 211,13 km² sedangkan Cepu dengan luas wilayah 49,15 km² merupakan kecamatan tersempit.

Kabupaten Blora memiliki wilayah dengan ketinggian terendah 30-280 dpl dan tertinggi 500 dpl. Kecamatan dengan letak tertinggi adalah Japah (280 dpl) sedangkan kecamatan Cepu terendah mempunyai permukaan terendah (31 dpl). Kabupaten Blora diapit oleh Pegunungan Kendeng Utara dan Selatan dengan susunan tanah 56 persen gromosol, 39 persen mediteran dan 5 persen aluvial. Menurut penggunaan tanah, hutan mendominasi luas wilayah 90.416,52 hektar (49,66 persen).

Sepuluh dari wilayah Kabupaten Blora merupakan kawasan hutan, terutama dibagian utara, timur dan selatan. Dataran rendah dibagian tengah umumnya merupakan area persawahan. Sebagian besar wilayah Kabupaten Blora merupakan daerah krisis air (baik untuk air minum maupun untuk irigasi) pada musim kemarau, terutama di daerah pegunungan kapur. Sementara pada musim penghujan, rawan banjir longsor di sejumlah kawasan.



Gambar 3.3 Peta topografi daerah Kabupaten Blora

3.2 Kondisi Geologi Daerah Penelitian

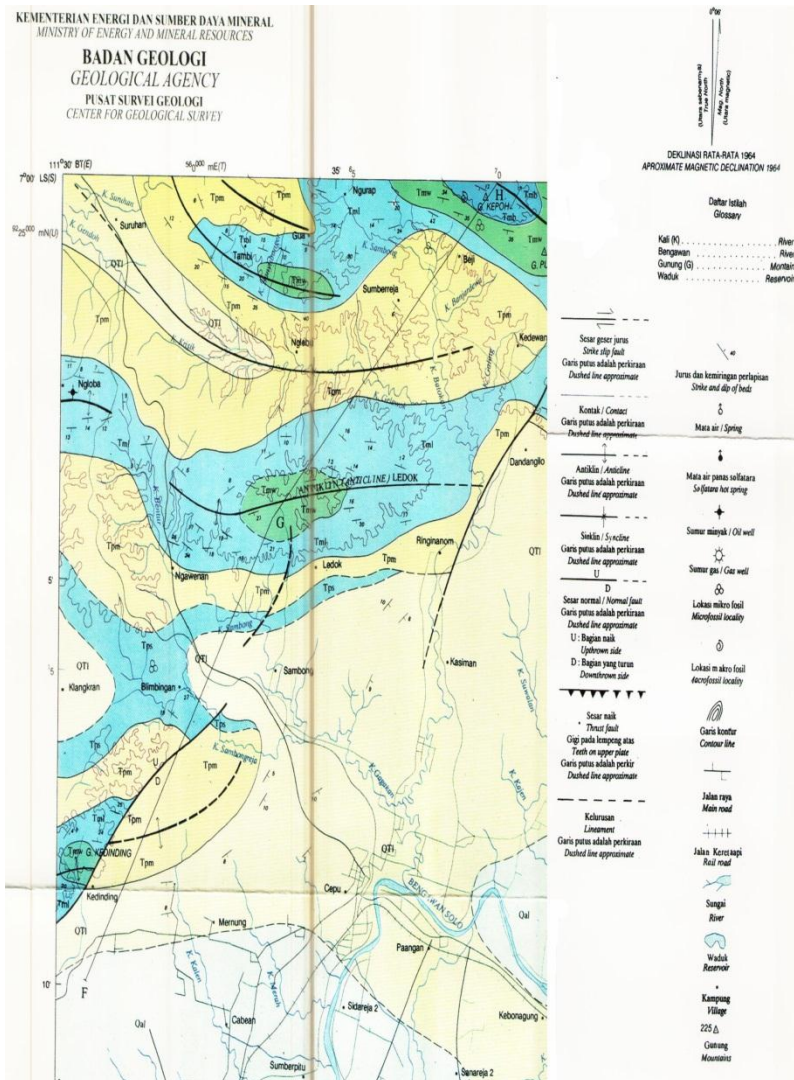
Secara umum daerah Kabupaten Blora dan sekitarnya terletak di Zona Rembang, Cekungan Jawa Timur Utara (Van Bemmelen, 1949). Zona Rembang merupakan suatu zona tektonik yang terbentang diantara Zona Paparan Laut Jawa di utara dan Zona Depresi Randublatung di selatan yang terbentuk pada kala Pleistosen dengan arah timur-barat dan dapat diikuti dari sebelah timur Semarang menerus sampai Pulau Madura. Zona ini memiliki lebar rata-rata 50 km. Zona ini terdiri atas sikuen mulai dari Eosen hingga Pliosen yang berupa sedimen klastik laut dangkal dan karbonat yang luas. (Pringgoprawiro, 1983).

Sejarah perkembangan tektoniknya adalah mengikuti perkembangan tektonik yang ada di Jawa Timur, yang bisa dipelajari sejak Zaman Kapur akhir sampai sekarang. Pada Zaman

Paleogen Cekungan Jawa Timur Utara telah mengalami regim tektonik regangan yang merupakan akibat dari gerakan mundur (*rool back*) ke arah selatan dari pada jalur magmatik yang ada pada Zaman Kapur akhir, busur magmatik berarah barat daya-timur laut menempati posisi di Pulau Karimun Jawa dan Pulau Bawean, busur magmatik tersebut menjadi arah barat-timur pada posisi di pantai selatan Jawa Timur. Sedangkan pada Zaman Neogen posisi busur magmatik berada pada daerah sebelah utara Kabupaten Pacitan-Trenggalek dan menerus ke timur, dengan arah busur magmatik tetap barat-timur, perubahan gerakan maju dari busur magmatik Zaman Neogen ini menyebabkan terjadinya regim tektonik kompresi yang menghasilkan struktur geologi lipatan dan sesar di daerah Cekungan Jawa Timur Utara, dimana kedua faktor tersebut merupakan faktor utama didalam pembentukan *petroleum*.



Gambar 3.4 Cekungan Jawa Timur Utara (Van Bemmelen, 1949)



Gambar 3.5 Struktur Geologi Cepu, Blora

Qa	ALATIVUM ALTIVUM	: Lembing, pasir, kerikil dan kerakal : Clay, sand, gravel and pebble	Tpa	FORMASI MUNDU MUNDU FORMATION	: Napal : Meri
Qpa	FORMASI NOTOPURO NOTOPURO FORMATION	: Tuf, batupasir tufan dan konglomerat : Tuff, tuffaceous sandstone and conglomerate	Tps	FORMASI PACIRAN PACIRAN FORMATION	: Terumbu karal : Coral reef
Qpn	BREKSI PANDAN PANDAN BRECCIA	: Breksi samudra : Volcanic breccia	Tpsa	ANGGOTA ATASANGUN, FORMASI KALIBENG ATASANGUN MEMBER, KALIBENG FORMATION	: Batupasir tufan dan breksi, batupasir apung, batu- lembing dan pasir : Tuffaceous sandstone and breccia, with marl, claystone and silt interbedding
Qa	BATUAN TEROBOSAN INTRUSIVE ROCKS	: Andesit pirkasa : Pyroxene andesite	Tpkp	FORMASI KALIBENG KALIBENG FORMATION	: Napal, batupasir sipang, tuf, batupasir tufan dan kaliberat : Marl, locally with interbeddings of tuff, tuffaceous sandstone and claystone
Qka	FORMASI KABUH KABUH FORMATION	: Konglomerat, batupasir, batupasir berpasir : Conglomerate, sandstone and locally marl and clay interbeddings	Tkai	FORMASI LENDOK LENDOK FORMATION	: Prasidangan kaliberat, batupasir dan napal : Alternation of claystone, sandstone and marl
Qti	FORMASI LIDAH LIDAH FORMATION	: Batulempung, batupasir berpasir batupasir dan batulempung : Claystone, locally with sandstone and limestone interbeddings	Tkw	FORMASI WONOCLO WONOCLO FORMATION	: Prasidangan kaliberat, batupasir dan napal : Alternation of claystone, sandstone and marl
Qtp	FORMASI PUCANGAN PUCANGAN FORMATION	: Breksi dan batupasir tufan : Breccia and tuffaceous sandstone	Tkb	FORMASI KERER KERER FORMATION	: Prasidangan batupasir, batulempung, tuf napal dan batu gamping : Alternation of sandstone, claystone, tuff, marl and limestone
Qtda	ANGGOTA DANDER, FORMASI LIDAH DANDER MEMBER, LIDAH FORMATION	: Batulempung terumbu dan batulempungan Raf. limestone and bedded limestone.	Tbb	FORMASI BILU BILU FORMATION	: Kaliberat : Claystone
Tsa	FORMASI SELOREJO SELOREJO FORMATION	: Prasidangan batulempung pasir dan batupasir gamping : Alternation of limestone and calcareous sandstone	Tba	FORMASI NGAYONG NGAYONG FORMATION	: Prasidangan batupasir dan batulempung pasir dengan sipang batulempung karbonat dan batupasir batu gamping : Alternation of sandstone and calcareous claystone with carbonaceous claystone and locally limestone interbeddings
Tso	FORMASI SONDE SONDE FORMATION	: Prasidangan batulempung dan batupasir tufan, batupasir batulempung : Alternation of claystone, tuffaceous sandstone and limestone interbedding	Taw	FORMASI TAWUN TAWUN FORMATION	: Batulempung pasir dan batupasir sipang batupasir dan batu gamping : Calcareous claystone with sandstone and lime stone interbeddings
Tpa	FORMASI KLITIK KLITIK FORMATION	: Batulempung kerakal berpasir apung dan batu lembing : Clastic limestone, with marl and claystone interbedding			

Gambar 3.6 Keterangan Struktur Geologi Cepu, Bora

3.3 Tataan Stratigrafi Daerah Penelitian

Secara umum, berdasarkan analisis stratigrafik dan magmatik (geokronologi, geokimia) memperlihatkan bahwa daerah Kabupaten Bora dan sekitarnya termasuk kedalam stratigrafi mandala Rembang (Pringgoprawiro, 1983), tersusun oleh formasi batuan dari tua ke muda berturut-turut adalah Formasi Kujung, Formasi Prupuh, Formasi Tuban, Formasi Tawun, Formasi Ngrayong, Formasi Bulu, Formasi Wonocolo, Formasi Ledok, Formasi Mundu, Formasi Selorejo, Formasi Lidah dan endapan yang termuda disebut endapan Undak Solo dengan tebal total cekungan sedimentasi lebih dari 3000 meter seperti yang terlihat pada Gambar 3.7.

Berikut ini adalah beberapa formasi yang diendapkan pada Mandala Rembang :

1. Formasi Kujung

Lokasi tipenya ada di sekitar Desa Kujung, sepanjang Sungai Secang, Tuban. Litologi khas untuk formasi ini adalah napal, lempung napalan, berwarna abu-abu, dengan sisipan batu gamping bioklastik dan mengandung foraminifera besar. Batas bawahnya tidak diketahui karena tidak tersingkap, akan tetapi data sumur Ngimbang-1 menunjukkan adanya kedudukan selaras antara Formasi Kujung dan Formasi Ngimbang yang terletak di bawahnya. Penyebarannya terbatas di sekitar Tuban. Di lokasi tipenya, ketebalan mencapai 680 meter. Berdasarkan kehadiran foraminifera plankton dan foraminifera besarnya, umur Formasi Kujung adalah Oligosen atas dan diendapkan pada lingkungan laut terbuka pada zona batial atas. (Pringgoprawiro, 1983)

2. Formasi Prupuh

Lokasi tipenya ada di sekitar Desa Prupuh, 5 km arah barat laut dari Desa Panceng, Paciran, dengan ciri-ciri litologi terdiri dari perselingan antara batu gamping bioklastik yang kaya

akan foraminifera dengan batu gamping kapuran yang kompak dan getas. Formasi Prupuh diendapkan selaras di atas Formasi Kujung dan terletak selaras di bawah Formasi Tuban. Menempati jalur sempit dan memanjang pada tinggian Tuban, mulai dari Panceng di timur hingga Palang, Tuban di sebelah barat. Tebal terukur di lokasi tipe adalah 76 meter. Formasi Tuban juga tersebar ke arah lepas pantai dan dijumpai di sumur-sumur pemboran lepas pantai. Umurnya adalah Oligosen Akhir hingga Miosen Awal bagian bawah atau zona N3-N5 dan lingkungan pengendapannya adalah zona neritik luar berdasarkan foraminifera yang ada. (Pringgoprawiro, 1983)

3. Formasi Tuban

Tipe lokasinya adalah Desa Drajat, Paciran, Tuban, tersingkap baik di sepanjang Kali Suwuk, Desa Drajat. Ciri litologinya adalah endapan lempung yang monoton dengan sisipan batu gamping. Formasi Tuban diendapkan secara selaras di atas Formasi Prupuh sedangkan bagian atasnya ditutupi secara tidak selaras oleh Formasi Paciran. Di Jawa Timur utara formasi ini mempunyai penyebaran terbatas dan hanya tersingkap di tinggian Tuban saja. Tetapi ke arah timur endapan Formasi Tuban dijumpai di Dataran Madura, sedangkan di lepas pantai hanya dijumpai pada sumur-sumur pemboran. Tebal di lokasi tipe mencapai 665 meter. Formasi Tuban berumur N5-N6 (Miosen Awal) berdasarkan hadirnya *Globigerinoides primordius*, serta diendapkan pada paparan zona sublitoral luar dengan kedalaman 50-150 meter.

4. Formasi Tawun

Stratotipenya adalah sumur pemboran BPM Tawun-5. Formasi ini terdiri atas batu lempung bersisipan batu gamping dan batu pasir. Bagian bawah formasi ini didominasi oleh batu

lempung hitam-kelabu yang bergradasi hingga batu lanau pasiran berwarna kelabu. Bagian atas dari formasi ini ditandai oleh akumulasi batu gamping bioklastik yang ketebalannya mencapai 100 meter di beberapa tempat. Hubungan stratigrafi dengan Formasi Tuban di bawahnya dan Formasi Bulu di atasnya adalah selaras. Penyebaran Formasi ini cukup luas di Mandala Rembang Barat dan di Pulau Madura. Dijumpai pula pada sumur pemboran lepas pantai Jawa Timur Utara dan Madura. Tebal Formasi ini di sumur Tawun-5 adalah 1500 meter. Di permukaan tebalnya sekitar 730 meter seperti pada penampang Sumberan-Brangkal. Analisa mikropaleontologi yang dilakukan menunjukkan umur Miosen Awal teratas hingga Miosen Tengah, zona N8-N12 ditentukan dengan menggunakan foraminifera plankton, sedangkan menggunakan foraminifera besar didapatkan Te-5. Lingkungan pengendapan Formasi Tawun adalah paparan dangkal pada zona sublitoral pinggir.

5. Formasi Ngrayong

Formasi ini terdiri atas batu pasir, serpih, batu lempung, batu lanau dan sisipan batu gamping. Terkadang dapat ditemukan pula sisipan batubara dan lignit. Batu pasir pada umumnya terdiri atas batu pasir kuarsa dengan butiran menyudut sampai menyudut tanggung. Serpih sering sekali mengandung sisa tumbuhan berwarna hitam (*carbonaceous*), sedangkan batu lempung kadang-kadang mengandung banyak fomanifera plankton yang menunjukkan umur Miosen Awal hingga Miosen Tengah, Zona N8-N12. Sisipan batu gamping sering dicirikan oleh fosil foraminifera besar genus *Lepidocyclina* dan *Cyclocypeus annulatus* secara berlimpah. Lingkungan pengendapan Formasi Ngrayong diendapkan dalam lingkungan laut agak dangkal, mulai dekat pantai sampai neritik tengah.

6. Formasi Bulu

Tipe lokasinya adalah di Desa Bulu, Rembang, yaitu sepanjang Gunung Gendruwo. Ciri litologi pada stratotipenya terdiri dari batu gamping pasiran yang berlapis, berbentuk plat (tebal 10cm-33cm) dan sisipan napal di bagian tengah. Hubungan stratigrafi Formasi Bulu dengan Formasi Tawun di bawahnya adalah selaras, seperti yang dapat diamati sepanjang Sungai Kemadu dan Sungai Besek, Bulu. Formasi Wonocolo yang diendapkan di atasnya juga mempunyai hubungan yang selaras. Penyebarannya cukup luas di Mandala Rembang mulai dari daerah Todanan di bagian barat hingga Madura di bagian timur. Endapan Formasi Bulu juga ditemukan pada sumur-sumur pemboran lepas pantai. Pada lokasi tipe tebalnya sampai 248 meter, sedangkan di daerah lain ketebalannya berkisar antara 55 meter hingga 200 meter. Umur formasi ini adalah Miosen Tengah, zona N14-N15 atau Tf bawah berdasarkan atas kandungan foraminifera, sedangkan lingkungan pengendapannya adalah zona litoral sampai zona sublitoral pinggir berdasarkan kandungan biotanya.

7. Formasi Wonocolo

Lokasi tipe ini adalah di sekitar Desa Wonocolo, 20 km arah timur laut dari Cepu. Ciri litologinya terdiri dari perulangan antara napal, napal lempungan hingga napal pasiran dengan perselingan kalkarenit. Napalnya kaya akan foraminifera plankton. Formasi ini terletak secara selaras dengan Formasi Ledok pada stratotipenya. Formasi Wonocolo mempunyai penyebaran yang luas di Mandala Rembang dengan arah barat-timur, mulai dari Todanan sampai tinggian Tuban. Di daerah Rembang tebalnya sekitar 100 meter. Di daerah Manjung bahkan

dapat mencapai 600 meter. Umurnya adalah bagian bawah dari Miosen Akhir dan diendapkan pada lingkungan laut terbuka pada zona bathyal atas.

8. Formasi Ledok

Lokasi tipe di Antiklin Ledok, yaitu berjarak 10 km Utara Cepu. Pada lokasi tipenya, ciri litologinya adalah perulangan antara napal pasir, kalkarenit dengan napal dan batu pasir. Glaukonit yang berlimpah ditemukan di bagian atas formasi. Setempat kalkarenit dan napal pasir memperlihatkan struktur silang siur. Hubungan stratigrafi dengan Formasi Wonocolo di bawahnya dan Formasi Mundu di atasnya adalah selaras pada lokasi tipenya. Formasi Ledok memiliki persebaran yang terbatas di Mandala Rembang. Di bagian barat endapannya ditemukan di daerah Todanan, akan tetapi ke arah timur tidak ditemukan di daerah tinggian Tuban. Ketebalan terukur pada lokasi tipe sekitar 190 meter, sedangkan di daerah lain ketebalannya berkisar antara 82 hingga 220 meter. Berdasarkan kehadiran *Globorotalia plesiotumida*, umur Formasi Ledok adalah Miosen Akhir atau zona N17. Lingkungan pengendapannya adalah sublitoral pinggir berdasarkan rasio plankton/bentos yang berkisar 27% sampai 30%.

9. Formasi Mundu

Lokasi tipe Formasi Mundu berada di Sungai Kalen, Desa Mundu, 10 km arah barat dari Cepu, sedangkan stratotipenya adalah lintasan sepanjang 1,5 km pada sayap utara antiklin Kedinding, 3 km arah barat Desa Mundu. Ciri litologinya adalah napal kehijauan yang masif. Bagian atasnya ditempati oleh batu gamping pasir. Formasi Mundu diendapkan selaras di atas Formasi Ledok dan dengan Formasi Lidah di atasnya. Penyebarannya sempit di kawasan Mandala Rembang, yaitu di sekitar Todanan dan tinggian Tuban. Ketebalan rata-rata Formasi

Mundu adalah 255 meter hingga 342 meter. Umurnya adalah Miosen Akhir hingga Pliosen atau zona N18-N20 dari analisa foraminifera planktonnya. Lingkungan pengendapannya adalah lingkungan laut terbuka dengan kedalaman antara 700 meter hingga 1000 meter. Semakin ke atas kedalamannya berkurang hingga laut dangkal pada zona sublitoral pinggir.

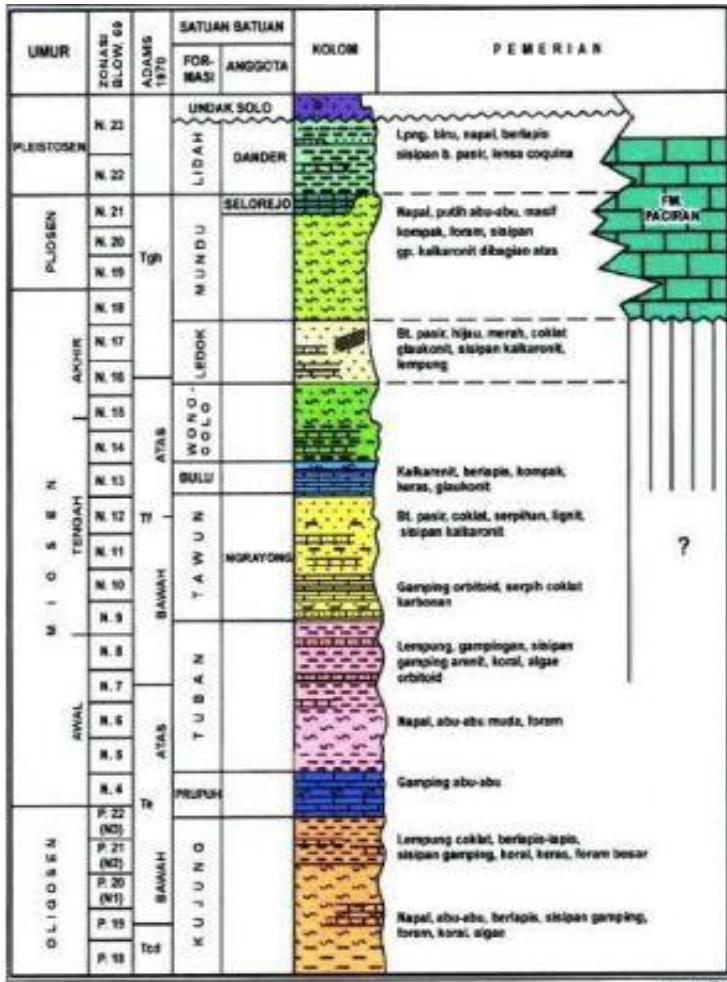
10. Anggota Selorejo Formasi Lidah

Terdiri dari perselingan lapisan tipis batu gamping dengan kalkarenit yang kaya akan foraminifera plankton. Kalkarenit terkadang mengandung glaukonit. Cangkang foraminifera yang menjadi unsur utama penyusun batuan, umunya telah terabrasi dan buram. Dapat dipastikan bahwa fosil tersebut telah mengalami proses pengendapan ulang (*reworked fossils*). Pada lembar Rembang, Anggota Selorejo terkadang lebih didominasi oleh batu gamping. Pada bagian utara, satuan ini menipis ke arah barat daya dan ke arah timur laut. Pada Sungai Klateng ketebalannya mencapai 75 meter.

11. Formasi Lidah

Litologinya terdiri dari batu lempung abu-abu dan batu lempung hitam, dan mengandung sisipan batu pasir moluska. Terkadang mengandung sisipan batu lempung yang kaya akan moluska (*Ostrea*). Pada beberapa tempat, batu lempung mengandung banyak foraminifera benthon dan terkadang batu lempung mengandung banyak foraminifera plankton yang merupakan rombakan dari formasi yang lebih tua. Pada bagian utara Zona Rembang, ketebalan formasi ini umumnya sekitar 70 meter, sedangkan pada Sungai Kedunglo mencapai kurang lebih 230 meter. Pada daerah selatan Pati-Juwangi satuan batuan terdiri dari batu lempung hitam. Pada level tertentu, batu lempung akan memiliki sangat banyak fosil moluska genus *Ostrea* yang

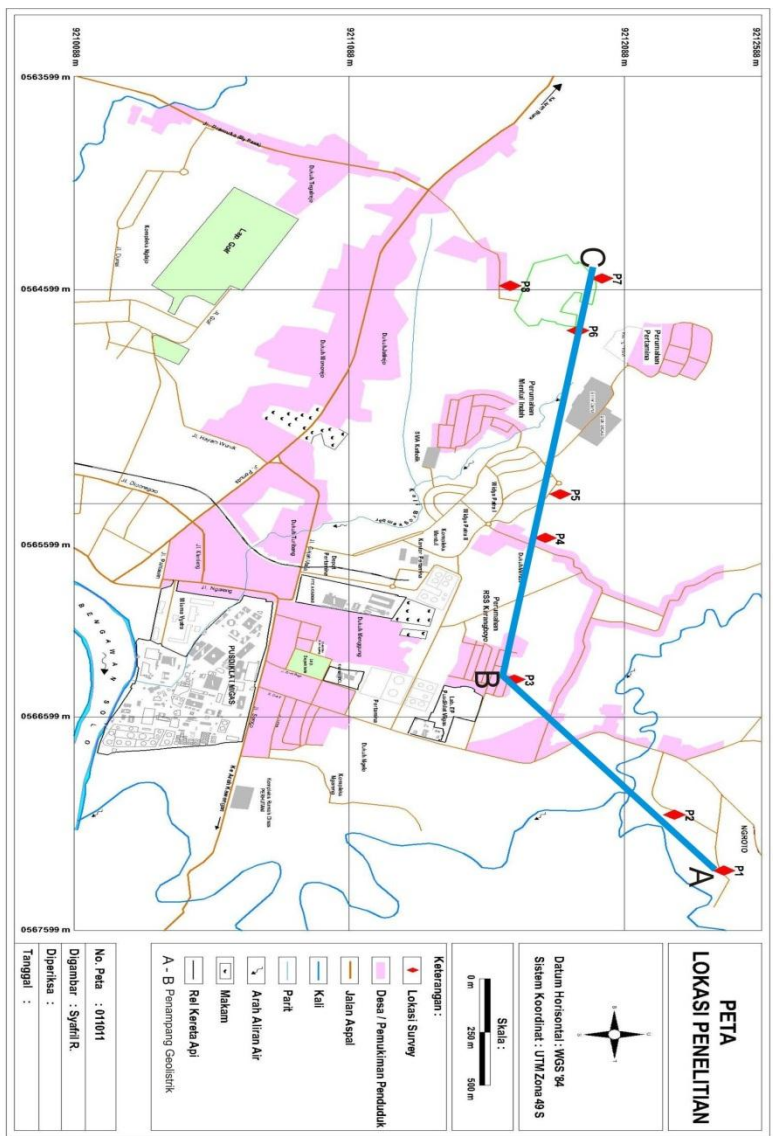
diameternya dapat mencapai 10 cm. Pada daerah Godo, satuan ini terletak selaras di atas batu gamping Anggota Selorejo dengan ketebalan kurang lebih 120 meter.



Penelitian ini dilaksanakan pada satu wilayah, meliputi 1 Kecamatan Cepu yaitu Desa Ngroto, Dukuh Mentul, Perumahan Mentul Indah dan sekitar wilayah PPSDM Migas Cepu. Penelitian ini dilakukan di daerah tersebut karena di dataran rendah memiliki cukup banyak sumur bor namun masih belum optimal, sebaliknya di dataran tinggi mengalami kesulitan dalam penyediaan air untuk kebersihan sehari-hari. Pengembangan titik-titik bor untuk penyediaan air bersih melalui pemanfaatan akuifer akan dilakukan melalui penelitian ini. Dalam penelitian ini penentuan titik pengukuran geolistrik dengan metode VES

Gambar 3.8 Korelasi satuan peta Kabupaten Blora

(*Vertical Electrical Sounding*) di Kecamatan Cepu secara lebih detail dapat dilihat pada Gambar 3.9, titik pengukuran diberi kode P.



Gambar 3.9 Peta lokasi penelitian

3.5 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini antara lain :

1. Dua buah elektroda dan elektroda potensial digunakan untuk menginjeksikan arus ke dalam tanah dan elektroda digunakan untuk menentukan besarnya tegangan yang ditimbulkan.
2. Dua gulung kabel arus dan potensial digunakan sebagai kabel penghubung elektroda dengan *resistivitymeter*.
3. Dua buah *accu* sebagai sumber arus.
4. *Resistivitymeter Mc Ohm EL* berguna untuk mengukur nilai resistansi untuk mendapatkan nilai resistivitas semu.
5. Patok digunakan untuk mengetahui penempatan elektroda (elektroda potensial dan elektroda arus) yang akan dipasang.
6. Penjepit Buaya sebagai pengait antara kabel penghubung dengan elektroda arus dan elektroda potensial.
7. Palu geologi digunakan untuk membantu menanam elektroda arus dan elektroda potensial pada permukaan tanah.
8. Meteran digunakan untuk mengukur panjang lintasan dan spasi yang akan diteliti.
9. Laptop digunakan untuk mencatat data.
10. GPS (*Global Positoning System*) digunakan untuk menentukan koordinat lokasi penelitian serta memploting titik-titik lintasan pengukuran untuk memperoleh elevasi data topografi.
11. HandyTalky digunakan sebagai alat penghubung dalam memberikan informasi saat pengambilan data.
12. Payung digunakan untuk melindungi alat dari terik matahari secara langsung.

3.6 Variabel Penelitian

Adapun variabel penelitian ini terdiri atas :

1. Variabel bebas yaitu resistansi (R) dan resistivitas (ρ).
2. Variabel terikat yaitu nilai beda potensial (V) dan nilai kuat arus (I).
3. Variabel kontrol yaitu jarak/spasi antar elektroda (a).

3.7 Prosedur Penelitian

Untuk mendapatkan gambaran struktur perlapisan bawah permukaan bumi (tanah) dilakukan eksplorasi geofisika dengan metode geolistrik tahanan jenis *Vertical Electrical Sounding* (VES) konfigurasi *Schlumberger*. Adapun teknis pelaksanaan penelitian ini sebagai berikut :

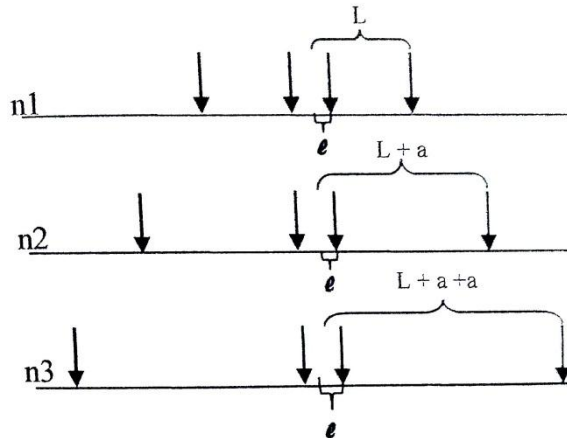
3.7.1 Tahap Persiapan

Sebelum melakukan proses eksplorasi dilakukan tahap persiapan untuk mendukung kelancaran dalam pengambilan data. Tahap-tahap tersebut adalah studi literatur yaitu dengan mempelajari literatur atau teori yang berhubungan dengan penelitian geolistrik, selanjutnya survey lokasi pengukuran untuk mengetahui gambaran umum lokasi penelitian serta penentuan lintasan untuk pengukuran geolistrik. Hal ini berkaitan dengan desain akuisisi yang berasosiasi dengan target kedalaman dan ketelitian data yang diinginkan. Karena setiap lokasi memiliki karakteristik yang berbeda maka akuisisi harus dirancang secara tepat untuk mendapatkan hasil yang maksimal.

3.7.2 Tahap Pengukuran

Dalam penelitian ini, digunakan metode pengukuran geolistrik dengan metode *Vertical Electrical Sounding* (VES) menggunakan konfigurasi Schlumberger. Metode ini digunakan untuk menentukan nilai perubahan tahanan jenis untuk tiap-tiap lapisan pada suatu titik pengukuran. Sedangkan tahap pengukuran yang dilakukan adalah dengan cara memasang empat buah elektroda (dua elektroda arus dan dua elektroda potensial) yang

diletakkan sejajar dalam garis lurus seperti Gambar 3.10 dengan lebar jarak atau spasi tertentu. Akuisisi data geolistrik ini dilakukan dengan menginjeksikan arus listrik ke dalam bawah permukaan untuk mendapatkan respon dari bawah permukaan berupa tegangan listrik.



Gambar 3.10 Perpindahan elektroda konfigurasi *Schlumberger*

Panjang lintasan setiap titik pengukuran antara 200 meter hingga 300 meter dengan menggunakan spasi arus $AB/2$ minimal 1 meter hingga maksimal 150 meter dengan lokasi seperti pada Gambar 3.4 yang dibuat menyebar disetiap titiknnya. Letak koordinat setiap titik dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Daftar lokasi pengukuran

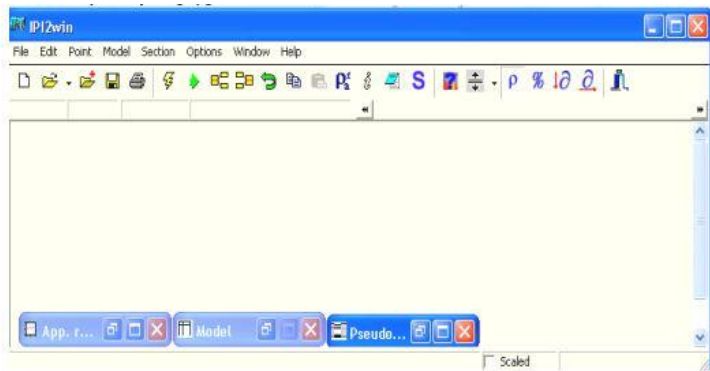
No	Kode Lokasi	Lokasi	Koordinat	
			E	N
1	P1	Desa Ngroto	567317.87	9212451.01
2	P2	Desa Ngroto	567056.29	9212270.78
3	P3	Desa Karangboyoy (Perumahan RSS)	566423.29	9211688.27

4	P4	Desa Karangboyo (Mentul)	565760.85	9211800.71
5	P5	Widya Patra I (Barat STTR)	565555.75	9211855.70
6	P6	Desa Mentul	564790.30	9211920.38
7	P7	TRB-B	564545.72	9212007.51
8	P8	Perumahan Mentul Indah	564580.23	9211673.73

3.7.3 Tahap Pengolahan Data

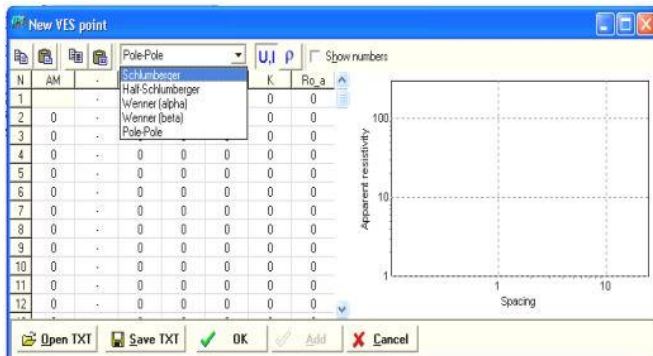
Data yang diperoleh dilakukan koreksi geometri lapangan sesuai dengan jarak atau spasi lintasan. Dalam pengolahan menggunakan 2 *software* yaitu IPI2WIN dan PROGRESS V 3.0. Hasil pengolahan data yang didapatkan berupa nilai tahanan jenis (resistivitas) untuk tiap-tiap lapisan pada kedalaman tertentu. IPI2WIN adalah program komputer yang secara otomatis dan atau semi otomatis menentukan model satu dimensi, vertikal di bawah permukaan dari data lapangan hasil sounding. Perangkat lunak ini berdasarkan metode inversi. Prinsip dasar pengolahannya menggunakan inversi linier kuadrat terkecil dengan modifikasi model awal secara iteratif hingga diperoleh model yang responnya cocok dengan data hasil pengamatan. Modifikasi model didasarkan informasi mengenai sensitivitas parameter observasi (data) terhadap perubahan model.

Penyelesaian dengan program IPI2WIN yaitu dengan memasukkan besarnya nilai tahanan jenis semu dari perhitungan, kemudian akan menampilkan besarnya nilai tahanan jenis yang sebenarnya dan jumlah lapisan batuan. Pada awal program ini dibuka, tampilan menu utama dengan sub-sub menu pilihan sebagai berikut :



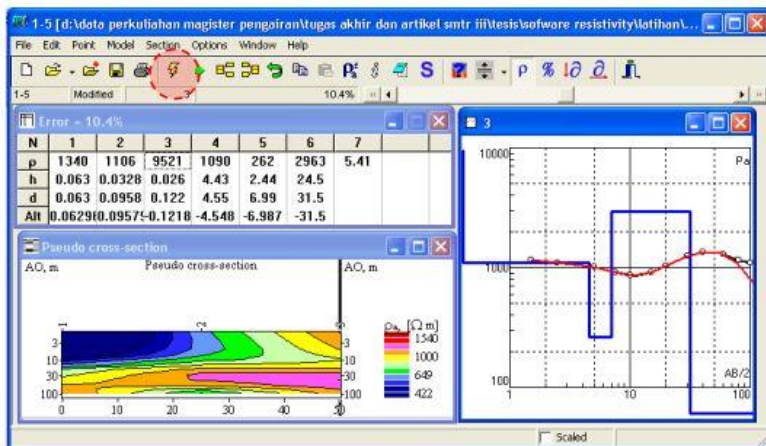
Gambar 3.11 Menu utama pada *software* IP2WIN

Kemudian membuat VES point baru dengan mengklik icon gambar sheet baru atau menekan tombol Ctrl+Alt+N untuk memulai proses input data tahanan jenis. Setelah itu memilih jenis konfigurasi yang dipakai, pada penelitian ini menggunakan konfigurasi *Schlumberger*, kemudian memasukkan nilai AB/2, MN dan nilai ρ_a . Secara otomatis IPI2WIN akan menghitung nilai K dan resistivitas semunya. Contoh lembar sheet dapat dilihat pada Gambar 3.12



Gambar 3.12 Pemilihan konfigurasi dan penginputan data

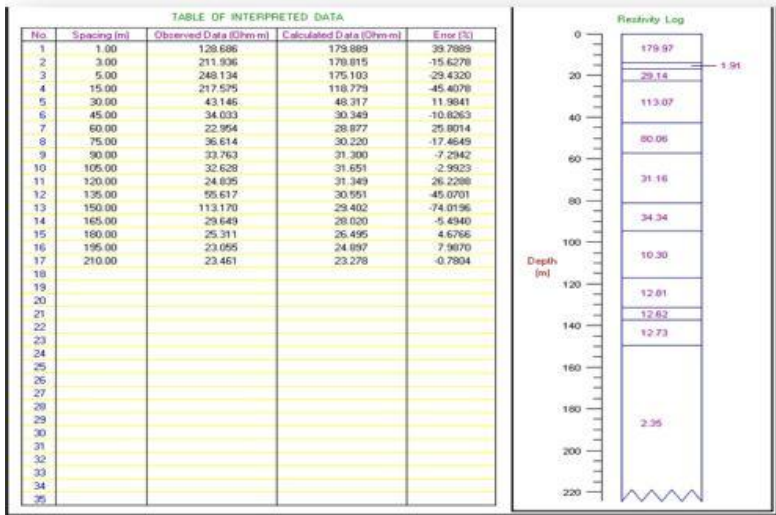
Dari penginputan data tersebut selanjutnya dilakukan pengolahan data dengan mengklik icon inversi. Dan akan memunculkan bentuk kurva log dari perhitungan tersebut. Setelah didapatkan nilai resistivity, data hasil analisis akan menampilkan tingkat kesalahan yang mungkin dilakukan oleh peneliti, pada saat pengolahan data atau pada saat pengambilan data di lapangan. Pengolahan data yang baik disarankan agar nilai error $\leq 15\%$. Apabila melebihi batas tersebut diperlukan editing data. Editing data dilakukan dengan menggeser kurva data lapangan hingga mendekati kurva standar sehingga perbedaan nilai error tidak terlalu ekstrim. Contoh lembar sheet dapat dilihat pada Gambar 3.13



Gambar 3.13 Penginputan data dan inversi data

Untuk memudahkan interpretasi susunan geologi, data tahanan jenis ditransfer ke *software* PROGRESS V 3.0 dengan menampilkan gambar borlog per sumur dari analisis data tahanan jenis yang sebenarnya. Penentuan lapisan batuan diperoleh dari hasil tahanan jenis yang sebenarnya dengan melihat tabel harga

tahanan batuan. Contoh hasil pada *software* PROGRESS V 3.0 dapat dilihat pada Gambar 3.14



Gambar 3.14 Contoh interpretasi dari *software* PROGRESS V 3.0

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

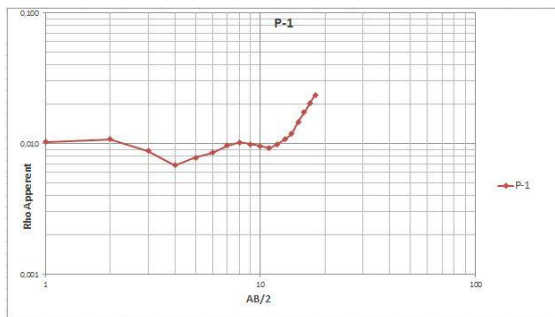
ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Pada pokok bahasan ini akan dibahas mengenai persebaran atau distribusi tahanan jenis (resistivitas) hasil akuisisi data dilapangan yang diolah menggunakan *software* IP2WIN dan PROGRESS V 3.0

4.1 Proses Pengolahan Data

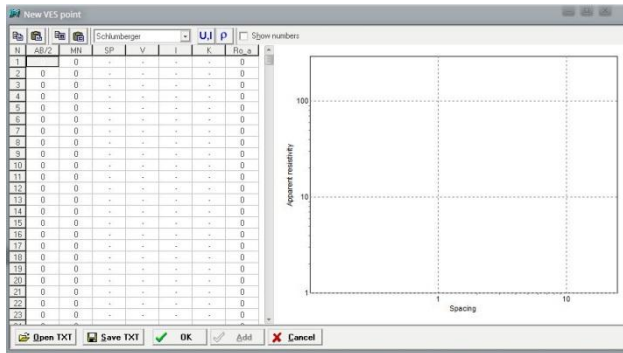
4.1.1 Pengolahan Data Menggunakan *Software* IPI2WIN

Data yang diperoleh dari pengukuran dilakukan pengolahan 1D dengan menggunakan *software* IPI2WIN. Pada dasarnya prinsip yang digunakan adalah pencocokan kurva, dimana perubahan kemiringan kurva merupakan indikasi perubahan nilai tahanan jenis dan posisi perubahan kemiringan kurva adalah indikasi perubahan kedalaman. Namun hasil dari pengolahan data ini adalah nilai tahanan jenis dan kedalaman minimum untuk masing-masing *sounding*. Pengolahan dengan menggunakan pendekatan terhadap kurva tahanan jenis semu terhadap spasi elektroda arus ini bersifat halus karena lebih menggunakan pendekatan interpolasi untuk tiap interval kemiringan kurva. Berikut merupakan hasil pengolahan data pengukuran lapangan titik *sounding* 1 (P1).



Gambar 4.1 Kurva matching pengolahan data pengukuran lapangan

Hasil pengukuran dari delapan titik diolah dengan IPI2WIN. Pengolahan data ini dimulai dengan memasukkan data terlebih dahulu kedalam tabel *Vertical Electrical Sounding (VES) point*.

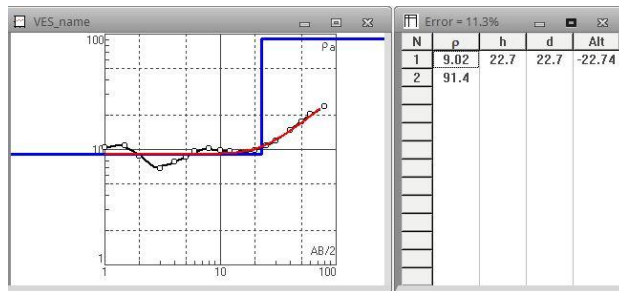


Gambar 4.2 Tabel pemasukan data mentah

Data hasil pengukuran pada Gambar 4.2 yang meliputi data AB/2, MN, V dan I dimasukkan kedalam tabel VES *point*. Nilai arus (I) didapat dari perhitungan dengan menggunakan kombinasi dari rumus untuk mencari nilai ρ atau tahanan jenis semu. Tahap ini sangat mempengaruhi hasil keluaran pada tahap iterasi data karena pada tahap ini akan terlihat titik-titik hasil pengukuran yang berada jauh dari titik-titik data yang lain oada kurva perbandingan awal antara nilai tahanan jenis semu dengan jarak pengukuran (*matching curve*). Maka dari itu, titik yang berada jauh ini bisa dihilangkan atau diatur sedemikian rupa agar tetap dekat dengan titik-titik yang lain agar pada saat proses iterasi data diperoleh nilai RMS yang kecil sehingga tidak memerlukan pengulangan inversi.

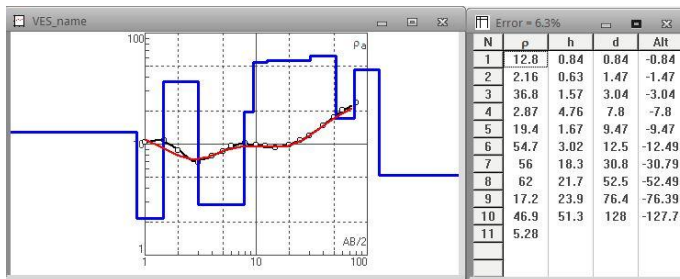
Setelah data dimasukkan akan muncul nilai tahanan jenis semu atau *apparent resistivity* (ρ) pada tabel dan grafik perbandingan nilai tahanan jenis semu dan *spacing* atau jarak AB/2. Dikatakan *apparent resistivity* atau resistivitas semu karena

nilai resistivitas yang terdeteksi oleh elektroda potensial merupakan nilai resistivitas dari campuran lapisan batuan yang ada di bawah permukaan tanah sehingga belum bisa dipastikan nilai resistivitas yang sebenarnya dari masing-masing jenis lapisan tanah. Data pada Gambar 4.3 merupakan data hasil pengukuran dari titik P1. Dapat dilihat bahwa nilai RMS (*Root Mean Square*) yaitu 11,3%. Nilai tersebut dapat dicekikan pada tahap iterasi.



Gambar 4.3 Tahap iterasi data pada *invers modelling*

Tahap iterasi merupakan proses pengecilan nilai RMS dengan cara menekan tombol *inversion* dan sedikit mengubah nilai ρ yang terlihat menyimpang jauh. Hasil akhir pada *software* IPI2WIN dapat dilihat pada Gambar 4.4, terlihat bahwa dari nilai RMS 11,3% menjadi 6,3%.

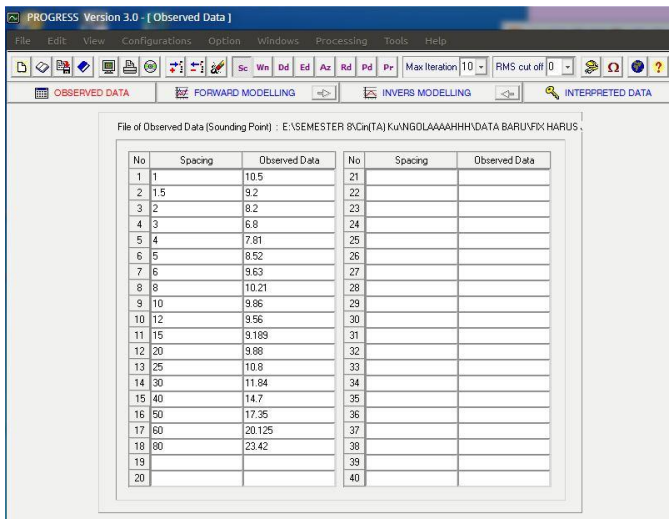


Gambar 4.4 Hasil akhir pengolahan data menggunakan *software* IPI2WIN

Untuk pengolahan data pengukuran VES titik sounding lainnya dapat dilihat pada Lampiran C.

4.1.2 Pengolahan Data Menggunakan *Software* PROGRESS V 3.0

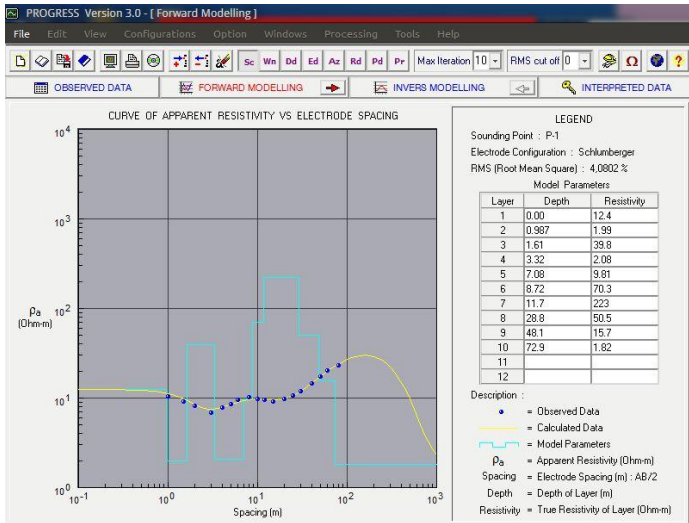
Setelah didapatkan nilai ρ , h dan *depth* pada pengolahan di *software* IPI2WIN. Hasil nilai tersebut kemudian diolah menggunakan *software* PROGRESS V 3.0 dimana terdiri dari empat tahapan, yaitu pemasukan data (*input data*), estimasi model parameter (*matching curve*), iterasi model parameter (*inverse modelling*), dan interpretasi data yang telah diiterasi (*interpreting data*). Pada tahap akhir yaitu interpretasi data, akan didapatkan perkiraan jenis dan kedalaman lapisan batuan pada titik pengukuran. Pengolahan data dari kedelapan titik pengukuran dilakukan secara terpisah antara satu dan lainnya, sehingga didapatkan perkiraan lapisan batuan dari tiap-tiap pengukuran.



Gambar 4.5 Proses pemasukan data pada *software* PROGRESS V 3.0

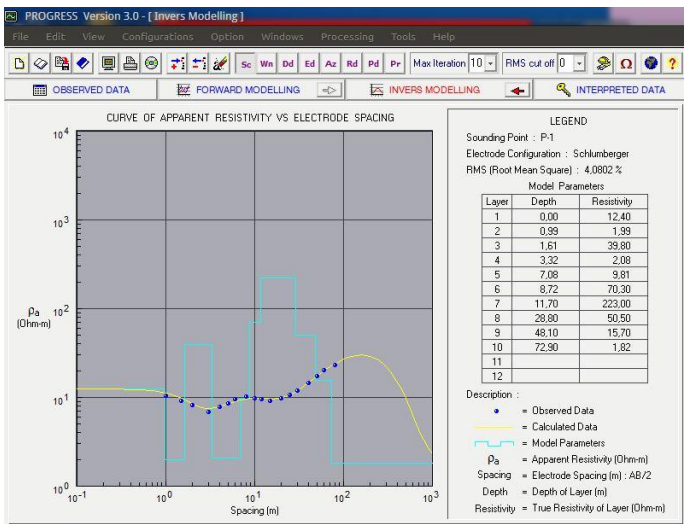
Pada tahap awal, data yang dimasukkan ke dalam *software* PROGRESS V 3.0 adalah jarak bentangan elektroda arus AB dan nilai resistivitas dari tiap masing-masing jarak bentangan. Data tersebut dimasukkan ke dalam lembar *observed data* yang terdapat pada *software* PROGRESS V 3.0. Masing-masing nilai jarak bentangan elektroda arus AB diisikan ke dalam kolom *Spacing*, sedangkan nilai resistivitasnya diisikan pada kolom *observed data* seperti yang terlihat pada Gambar 4.5.

Tahap selanjutnya merupakan pendugaan lapisan batuan beserta kedalamannya. *Software* PROGRESS V 3.0 melakukan pemodelan dengan menghitung nilai k (faktor geometri) untuk masing-masing jarak bentangan, dengan parameter nilai resistivitas (ρ_a) hasil pengukuran serta nilai $AB/2$. Kemudian dengan nilai k baru, dihitung kembali ρ_a , sehingga didapatkan nilai ρ_a baru yang bersifat semu (*apparent resistivity*). Lembar pada tahap estimasi ini yaitu *forward modelling*, dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Proses estimasi parameter model dalam *software* PROGRESS V 3.0

Pada Gambar dapat dilihat grafik hubungan antara jarak bentangan $AB/2$ (*spacing*) dengan nilai resistivitas semu hasil perhitungan dengan nilai k baru, Estimasi lapisan batuan dilakukan dengan mengisikan kedalaman batuan pada kolom *depth* serta nilai tahanan jenisnya pada kolom *resistivity*. Proses inilah yang disebut *matching curve*. Nilai kedalaman dan resistivitas dimasukkan sebanyak 11 sampai 12 titik yang diambil dari pendekatan titik-titik biru pada grafik. Setelah data dimasukkan, tombol panah berwarna merah di bagian atas diklik dan *software* akan memodelkan ulang nilai kedalaman dan nilai resistivitas, sehingga grafik akan berubah. Nilai RMS (*root mean square*) pada tahap ini cukup besar, sehingga apat dikatakan masih jauh dari kondisi asli di lapangan.



Gambar 4.7 Proses iterasi dalam *software* PROGRESS V 3.0

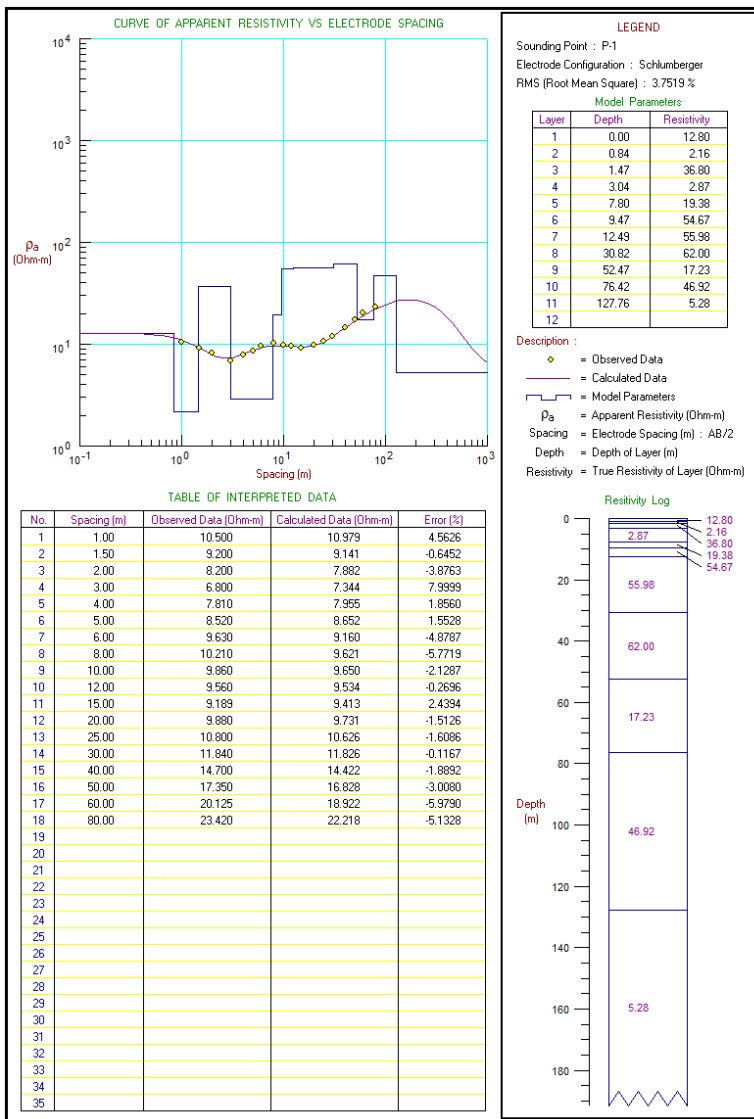
Proses iterasi dilakukan untuk mendapatkan nilai RMS atau *error* yang sekecil mungkin. Proses ini dilakukan pada lembar *invers modelling* di dalam *software* PROGRESS V 3.0.

Invers modelling merupakan proses perhitungan matematika yang digunakan untuk mencari hasil terbaik, dengan memulai dari hasil awal yang didapatkan dengan perhitungan *forward modelling*, kemudian menghitung penyebab dari hasil tersebut, sehingga didapatkan hasil yang sesuai keadaan sebenarnya. Lembar *invers modelling* pada *software* PROGRESS V 3.0 dapat dilihat pada Gambar 4.7.

Iterasi data dilakukan dengan mengklik tanda panah arah kiri berwarna merah di sebelah jendela *invers modelling*. Jumlah proses iterasi diatur maksimal 10 kali, dengan cara mengklik tanda panah arah bawah di sebelah *max iteration*. *RMS cut off* diset pada angka 0. Pada Gambar terlihat grafik berwarna biru muda yang merupakan hasil perhitungan *invers* menunjukkan bentuk yang terbalik dengan garis berwarna kuning. *RMS* pada proses ini jauh lebih kecil daripada saat *forward modelling*, sehingga dapat dikatakan nilai resistivitas telah mendekati hasil pengukuran.

Setelah proses iterasi pada lembar *invers modelling* dilakukan dan telah mencapai jumlah maksimal iterasi, lembar *interpreted data* dapat langsung diklik untuk melihat hasil perhitungan nilai resistivitas dari masing-masing kedalaman yang lebih mendekati kondisi asli di lapangan. Lembar interpretasi data pada *software* PROGRESS V 3.0 dapat dilihat pada Gambar 4.8.

Pada lembar *interpreted data* ini dapat dilihat *table of interpreted data* di sebelah kiri yang menunjukkan nilai resistivitas hasil pengukuran di lapangan, nilai resistivitas hasil perhitungan oleh *software*, serta *error* dari masing-masing interval jarak elektroda AB. *Resistivity log* di sebelah kanan bawah merupakan perkiraan nilai resistivitas lapisan penyusun batuan pada titik pengukuran, beserta kedalaman tiap-tiap jenis tanahnya (*depth*). Nilai resistivitas yang muncul pada *resistivity log* kemudian diterjemahkan menjadi jenis lapisan penyusun tanah dengan melihat tabel resistivitas batuan.



Gambar 4.8 Interpretasi data dalam *software* PROGRESS V 3.0

Untuk pengolahan data lainnya dapat dilihat pada Lampiran D.

4.2 Analisa Data

Yang dihasilkan dari pengolahan data ini adalah nilai tahanan jenis lapisan pada kedalaman tertentu. Pada Tabel 4.1 merupakan hasil pengolahan data pada satu titik pengukuran yaitu pada pengukuran di titik P1. Untuk data lebih lengkap dapat dilihat pada Lampiran E.

Tabel 4.1 Hasil pengolahan data pada titik P1

Lapisan	Kedalaman (m)	Ketebalan (m)	Resistivitas (Ω m)
1	0.84	0.84	12.8
2	1.47	0.63	2.16
3	3.04	1.57	36.8
4	7.8	4.76	2.87
5	9.47	1.67	19.4
6	12.5	3.02	54.7
7	30.8	18.3	56
8	52.5	21.7	62
9	76.4	23.9	17.2
10	128	51.3	46.9
11	-	-	5.28

4.3 Interpretasi Data

Setelah diperoleh nilai-nilai dalam setiap titik maka dapat ditentukan litologi dalam setiap lapisan. Penentuan litologi dalam suatu daerah dapat dikorelasikan dengan data bor, peta hidrogeologi, tabel resistivitas dan data lain yang mendukung. Hasil dari interpretasi data pada wilayah Cepu adalah batuan penyusun terdiri atas air tanah dengan nilai resistivitas 1-5 Ω m, lempung lanau dengan nilai resistivitas 11-20 Ω m, batu lempung

dengan nilai resistivitas 21-25 Ωm dan batu pasir dengan nilai resistivitas 30-500 Ωm . Dan pada setiap titik terdapat 10-11 lapisan. Pada Tabel 4.2 merupakan hasil interpretasi pada titik P1. Untuk data lebih lengkap dapat dilihat pada Lampiran F.

Tabel 4.2 Hasil interpretasi data pada titik P1

Lapisan	Kedalaman (m)	Resistivitas (Ωm)	Litologi
1	0	12.8	Batu Lempung
2	0.84	2.16	Batu Lempung
3	1.47	36.8	Batu Lempung
4	3.04	2.87	Batu Lempung
5	7.8	19.38	Batu Pasir
6	9.47	54.67	Batu Pasir
7	12.49	55.98	Batu Pasir
8	30.82	62	Batu Pasir
9	52.47	17.23	Batu Pasir
10	76.42	46.92	Batu Pasir
11	127.76	5.28	Air Tanah

Pada titik P1, titik ini merupakan titik pertama pada lintasan A dengan B. Pengambilan titik ini terletak di sekitar Desa Ngroto. Lapisan penyusun tanah terdiri atas batu lempung pada permukaan tanah hingga kedalaman 3,04 m yaitu dengan kisaran nilai resistivitas 2-13 Ωm . Sedangkan pada kedalaman 7-76 m didominasi oleh batu pasir dengan nilai resistivitas antara 17-62 Ωm . Pada lapisan tanah ini merupakan lapisan cukup dalam. Dan pada kedalaman 127 m terdapat lapisan yaitu air tanah dengan nilai resistivitas sebesar 5,28 Ωm .

Pada titik P2, titik ini merupakan titik kedua pada lintasan A dengan B. Pengambilan titik ini terletak sejajar dengan P1 dengan jarak 315,98m. Pada titik P2 berdekatan dengan sungai sehingga penyusun lapisan tanah terdiri dari batu lempung yang

berada di permukaan hingga kedalaman 4,94 m dengan nilai resistivitas antara 8-63 Ωm . Pada kedalaman 8 m sampai 33 m susunan tanah mengandung air tanah. Pada lapisan ini merupakan lapisan tebal dan juga dalam dengan nilai resistivitas yaitu 4-7,78 Ωm . Lapisan berikutnya adalah batu pasir pada kedalaman 67 m dengan nilai resistivitas yaitu 323,5 Ωm .

Pada titik P3, titik ini merupakan titik ketiga pada lintasan A dengan B dan juga merupakan titik pertama pada lintasan B dengan C. Pengambilan titik ini terletak di Desa Karangboyo tepatnya di daerah perumahan RSS Karangboyo. Pengambilan titik ini berjarak 859,62 m dari titik P2. Selain itu juga pengambilan titik ini berada di dekat lapangan Pusdiklat Migas. Lapisan penyusun tanah terdiri atas batu lempung, air tanah dan batu pasir. Pada titik ini lapisan tanah didominasi oleh batu lempung yaitu berada di permukaan tanah hingga kedalaman 4,6 m dengan nilai resistivitas antara 0,5-25 Ωm , pada lapisan selanjutnya terdapat air tanah yaitu pada kedalaman 12,67 m dengan nilai resistivitas 0,21 Ωm . Dan batu pasir berada di kedalaman 34,68 m dengan nilai resistivitas 24,9 Ωm .

Pada titik P4, titik ini merupakan titik kedua pada lintasan B dengan C dan berjarak 671,91 m dari titik P3. Pengambilan titik ini terletak di Desa Karangboyo tepatnya di daerah Dukuh Mentul. Daerah ini merupakan kawasan pemukiman penduduk yang cukup padat. Lapisan penyusun pada titik P4 terdiri atas batu lempung, lempung lanau dan air tanah. Batu lempung mendominasi pada permukaan tanah hingga kedalaman 7,73 m dengan nilai resistivitas antara 0,32-8,02 Ωm , kemudian pada kedalaman 19,39 terdapat lempung lanau dengan nilai resistivitas antara 1,82-3,79 Ωm . Selanjutnya pada kedalaman yang cukup dalam yaitu 23,26 sampai 74,93 terdapat air tanah dengan nilai resistivitas 0,79-2 Ωm .

Pada titik P5, titik ini merupakan titik ketiga pada lintasan B dengan C dan berjarak 211,42 m dari titik P4. Pengambilan titik ini terletak di Asrama Widya Patra I yang juga merupakan tempat tinggal penduduk. Lapisan penyusun pada titik

P5 terdiri atas lempung lanau, batu lempung dan air tanah. Pada permukaan tanah hingga kedalaman 6,36 m terdapat lempung lanau dengan nilai resistivitas antara 0,66-5,35 Ω m. Kemudian pada lapisan berikutnya terdapat batu lempung pada kedalaman hingga 13,7 m dengan nilai resistivitas 11,6 Ω m. Pada titik P5 diduga pernah terjadi patahan batuan sehingga pada kedalaman 33 m terdapat lempung lanau yang mana keberadaan lempung lanau dipisahkan oleh batu lempung, lempung lanau tersebut mempunyai nilai resistivitas sebesar 1,03 Ω m. Kemudian pada kedalaman 47,4 m terdapat air tanah dengan nilai resistivitas sebesar 0.03 Ω m.

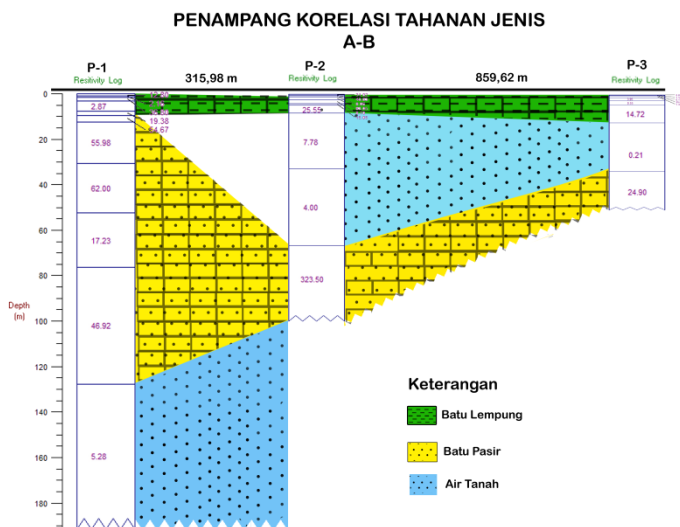
Pada titik P6, titik ini merupakan titik keempat pada lintasan B dengan C dan berjarak 765,46 m dari titik P5. Pengambilan titik ini terletak di Desa Mentul. Lapisan penyusun pada titik P6 terdiri atas batu pasir, lempung lanau, batu lempung dan air tanah. Pada permukaan tanah terdapat batu pasir dengan nilai resistivitas 58,74 Ω . Kemudian lapisan berikutnya yaitu terdapat lempung lanau pada kedalaman 0,33 m dengan nilai resistivitas sebesar 4,09 Ω m. Pada lapisan lempung lanau ini merupakan lapisan tipis, sehingga sangat kecil ketebalannya. Kemudian terdapat batu lempung dengan nilai resistivitas 14,42 Ω m pada kedalaman 0,52 m. Pada lapisan berikutnya terdapat lempung lanau yang cukup dalam yaitu pada rentang kedalaman 0,78 m hingga 2,83 m dengan nilai resistivitas antara 2,5-8,92 Ω m. Selanjutnya terdapat lempung lanau kembali dengan kedalaman 15,33 m dan nilai resistivitas 2,64 Ω m. Hal ini dapat terjadi dikarenakan pada titik P6 mengalami patahan batuan seperti pada titik P5, dikarenakan letaknya yang sejajar dan cukup berdekatan. Sehingga mempunyai karakter lapisan batuan yang sama. Kemudian pada lapisan berikutnya yaitu pada kedalaman 42,03 m terdapat air tanah dengan nilai resistivitas 1,61 Ω m.

Pada titik P7, titik ini merupakan titik kelima pada lintasan B dengan C dan berjarak 255,73 m dari titik P6. Pengambilan titik ini terletak di kawasan perumahan Pertamina yang juga merupakan tempat pemukiman penduduk. Lapisan

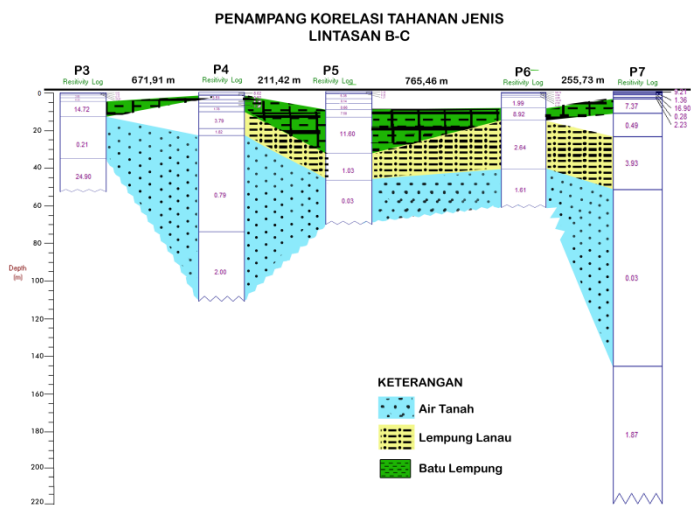
penyusun pada titik P7 terdiri atas lempung lanau, batu lempung dan air tanah. Pada permukaan tanah terdapat lempung lanau hingga kedalaman 0,68 m dengan nilai resistivitas 1,36 Ω m. Kemudian pada lapisan selanjutnya terdapat batu lempung dengan kedalaman dari 1,27 m sampai 4,19 m. Dengan nilai resistivitas sebesar 0,28-16,9 Ω m. Pada kedalaman 12,3 m terdapat satu lapisan saja yaitu air tanah dan lapisan berikutnya terdapat lempung lanau. Hal ini serupa dengan keadaan pada titik P5 dan P6 karena terjadinya patahan batuan, sehingga mengakibatkan pergeseran struktur lapisan batuan. Sehingga pada kedalaman 54,3 m sampai 152 m terdapat air tanah dengan nilai resistivitas 0,03-1,87 Ω m.

Pada titik P8, titik ini merupakan titik yang terpisah di antara titik-titik lainnya. Dan menjauhi lintasan. Titik P8 terletak di Perumahan Mentul Indah. Lapisan penyusun pada titik P8 terdiri atas batu pasir dan air tanah. Batu pasir terletak di permukaan tanah hingga mencapai kedalaman 7,85 m. Batu pasir menjadi lapisan yang mendominasi pada titik P8 dengan nilai resistivitas antara 0,06-33,5 Ω m. Kemudian pada lapisan berikutnya terdapat air tanah pada kedalaman hingga 84,5 m dengan nilai resistivitas 118 Ω m.

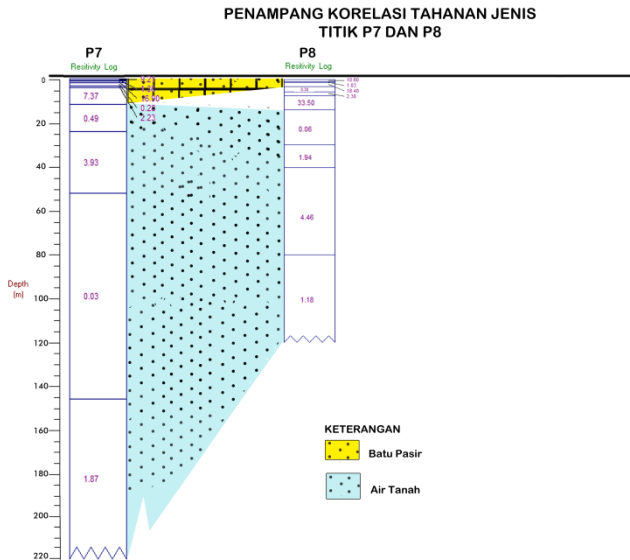
Dengan hasil interpretasi data pada titik P1 sampai titik P8 dapat dikatakan lapisan akuifer tak tertekan adalah lapisan batu pasir yang berada di bawah lapisan kedap air yaitu batu lempung. Akuifer air tanah tak tertekan ini merupakan daerah resapan air hujan yang paling banyak. Jadi dapat diasumsikan bahwa air tanah tersebut akan menyimpan air pada musim hujan, namun keberadaan akuifer tersebut terdapat pada kedalaman yang cukup dalam sehingga ketika ingin mendapatkan air harus dilakukan pengeboran dengan kedalaman yang cukup dalam. Dikarenakan pada lapisan teratas merupakan lapisan yang kedap air atau *impermeable*. Untuk mempermudah pembacaan lapisan tanah, penampang korelasi tahanan jenis pada setiap lintasan dapat dilihat pada Gambar 4.9, Gambar 4.10 dan Gambar 4.11.



Gambar 4.9 Penampang korelasi tahanan jenis lintasan A-B



Gambar 4.10 Penampang korelasi tahanan jenis lintasan B-C



Gambar 4.11 Penampang korelasi tahanan jenis titik P7 dan titik P8

4.4 Pembahasan

Setelah dilakukan pengukuran geolistrik tahanan jenis *Vertical Electrical Sounding (VES)* konfigurasi *Schlumberger* didapatkan data *Resistans* dari bumi yang kemudian didapatkan nilai resistivitas lapisan struktur bawah permukaan, dari data tersebut dapat diperkirakan batuan yang menjadi penyusun lapisan bawah permukaan dan batuan mana serta pada kedalaman tertentu yang berfungsi sebagai *akuifer*. Sebagai *finishing* digambarkan persebaran *akuifer* dengan menggabungkan data yang telah diinterpretasikan pada tiap titik *sounding*. Selain itu juga dari korelasi tersebut dapat diperkirakan kedalaman *akuifer* serta dapat terlihat sebaran air bawah tanahnya.

Dari interpretasi yang telah dilakukan didapatkan bahwa batuan penyusun dari daerah Cepu merupakan batu lempung,

lempung lanau, batu pasir dan air tanah. Hal ini juga dapat dilihat dari tataan stratigrafi pada daerah Kabupaten Blora yang termasuk dalam stratigrafi Mandala Rembang dengan susunan batuanannya secara umum yaitu berupa lempung napalan. Batu gamping kapuran, batu pasir dan batu lanau. Untuk hasil interpretasi akuifer, lapisan pembawa akuifer berupa batu pasir yang berfungsi sebagai akuifer dalam, sedangkan lapisan batu lempung dan lempung lanau berfungsi sebagai akuifer dangkal. Keterdapatan sumber air tanah yang potensial dapat diketahui dari pengetahuan hidrogeologis lapisan batuan. Lapisan akuifer (batu pasir) dapat menyimpan dan mengalirkan air sedangkan akuifuge (batu lempung) tidak dapat menyimpan maupun meloloskan air. Secara intuisi tanah yang dikandung pada lapisan akuifer tidak akan berpindah jika lapisan dibawahnya adalah lapisan akifug, karena sifat lapisan akifug tidak akan meloloskan air yang berada diatasnya, sementara jika yang terdapat di bawah lapisan akuifer adalah lapisan akuitar (lempung lanau) asal ketebalannya relatif besar juga masih memungkinkan untuk menahan air tanah yang berada di atasnya (lapisan akuifer) untuk melawan gaya tarik gravitasi ke bawah dari air. Akuitar merupakan lapisan batuan yang dapat sedikit meloloskan air atau jumlah yang terbatas, dengan demikian harus dicari lapisan akuifer yang tepat di bawahnya merupakan lapisan akuifuge atau akuitar yang relatif tebal sebagai lapisan sumber keterdapatan air tanah yang potensial.

Akuifer terdapat hampir diseluruh wilayah pengukuran. Dengan ketebalan yang berfariasi, namun perlu diingat lagi bahwa akuifer yang ada ini tidak semuanya terisi oleh air, hanya pori batuan saja yang terisi oleh air, itupun belum tentu terisi penuh. Dan dapat dikatakan keterdapatan sumber air tanah yang potensial di Cepu berada pada kedalaman sekitar 40 m sampai 60 m dari permukaan tanah dengan nilai resistivitas sebesar 0,79-4 Ω m. Untuk titik yang berpotensi besar adanya air tanah yaitu pada titik pengukuran P4 yang terletak di Desa Karangboyoy. Sedangkan untuk arah sebaran air bawah tanah cenderung dari

arah barat menuju ke timur, dikarenakan juga dapat dilihat pada desain akuisisi Gambar 3.9 di sekitar daerah pengukuran terdapat sungai dan juga parit yang mengalir dari arah barat menuju ke timur, Dan pada umumnya arah aliran air berasal dari tempat yang tinggi menuju tempat yang rendah, jadi pada daerah pengukuran titik P7 merupakan daerah yang lebih tinggi daripada di titik pengukuran lainnya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengukuran, pengolahan data, interpretasi dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Potensi adanya air bawah tanah di wilayah Cepu, Blora, Jawa Tengah yaitu pada kedalaman 40 m sampai 60 m dari permukaan tanah dengan nilai resistivitas sebesar 0,79-4 Ω m.
2. Sebaran air bawah tanah yaitu menyebar dari arah barat menuju ke timur. Titik yang paling banyak mengandung potensi air tanah yaitu pada titik P4 terletak di Desa Karangboyoy.
3. Karakteristik penyusun lapisan batuan di wilayah Cepu terdiri atas batu pasir sebagai akuifer, batu lempung sebagai akuifuge, lempung lanau sebagai akuitar dan air tanah.

5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian, penulis memberikan saran untuk penelitian selanjutnya.

4. Pola penyebaran akuifer yang telah ditunjukkan dapat menjadi sumber acuan dalam penentuan posisi dan kedalaman sumur bor dalam upaya pencarian sumber air bersih bagi masyarakat
5. Data penyebaran akuifer juga sebaiknya digunakan sebagai acuan untuk pembangunan sumur resapan dan penampungan air hujan. Air hujan yang meresap tersebut nantinya akan mengisi akuifer dan pada saatnya dapat digunakan sebagai air bawah tanah.
6. Untuk dapat menginterpretasi kondisi hidrogeologi lebih baik maka untuk dapat menentukan keakuratan hasil yang ditunjukkan oleh geolistrik dan data *logging*, sebaiknya

juga dilakukan pengukuran resistivitas batuan dalam skala laboratorium untuk dapat dibandingkan dengan hasil interpretasi geolistrik.

7. Sangat perlu dilakukan konservasi pada daerah di Kecamatan Cepu Kabupaten Blora agar masalah kekeringan pada musim kemarau bisa berkurang.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni, F. 2004. "*Aplikasi Metode Geolistrik Resistivity untuk Mendeteksi Air Tanah*". Jember: Universitas Jember.
- Bemmelen, R. W. Van, 1949, "*The Geology of Indonesia, Vol. IA : General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes*", The Hague, Gov, Printing Office, Martinus Nijhoff.
- Iswahyudi, Ary. 2008. "*Penentuan Akuifer Air Bawah Tanah Dengan Metode Vertical Electrical Sounding (VES) Konfigurasi Schlumberger Studi Kasus : Kecamatan Magepanda, Sikka, NTT*". Surabaya : ITS Surabaya.
- Kodoatie, R. J. 2000. "*Pengantar Hidrologi*". Yogyakarta : Penerbit Andi.
- Lilik Hendrajaya, Idam Arif. 1990. "*Geolistrik Tahanan Jenis*", Bandung : Laboratorium Fisika Bumi ITB.
- Loke, M.H. 1995. "*Least Squares Deconvolution of Apparent Resistivity Pseudosection*". Geophysics, Vol 60, No.6, pp 1682-1690. Malaysia.
- Loke, M.H. and Barker, R.D., 1996. "*Rapid Least-Squares Inversion of Apparent Resistivity Pseudosection by A Quasi-Newton Method*". Geophysical Prospecting. 44. 131-152.
- Menke, W., 1984, "*Geophysical Data Analysis : Discrete Inverse Theory*", Academic Press. Inc : Orlando-Florida.
- Pringgoprawiro, H., 1983, "*Biostratigrafi dan Paleogeografi Cekungan Jawa Timur Utara : Suatu Pendekatan Baru*". Disertasi Doktor, ITB, Bandung.
- Reynolds, J.M., 1997. "*An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*". Inggris : John Willey and Sons Ltd.
- Santoso, D. 2002. "*Pengantar Teknik Geofisika*" : Penerbit ITB.
- Sapiie, B., N. A. Magetsari, A. H. Harsolumakso, dan C. I. Abdullah. 2006. "*Geologi Fisik*". Bandung : Penerbit ITB.

- Seyhan, Ersin. 1977. *"Dasar-Dasar Hidrologi"*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Sosrodarsono S, Takeda K. 1993. *"Hidrologi Untuk Pengairan"*. Jakarta (ID): Pradnya Paramita
- Sugito, Irayani, Z., dan Jati, I.P., 2010, *"Investigasi Bidang Gelincir Tanah Longsor Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis di Desa Kebarongan, Kecamatan Kemranjen, Banyumas"*, Berkala Fisika, Vol 13, No 2 April 2010 hal 49-54 ISSN : 1410-9662.
- Supriyanto. 2007. *" Analisis Data Geofisika : Memahami Teori Inversi"*. Depok : Departemen Fisika FMIPA Universitas Indonesia
- Telford, W.M., Geldart, L.P., and Sheriff, R.E. 1990. *"Applied Geophysics Second Edition"*. Cambridge University Press : New York.
- Verhoef. 1992. *"Geologi untuk Teknik Sipil"*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

LAMPIRAN A :**Data Eksplorasi Tahanan Jenis *Vertical Electrical Sounding***

1. Data pada kode lintasan P1

Data Survey Geolistrik						
Metode Vertical Electronic Sounding Konfigusari Schlumberger						
					N :	
					Koordinat	9212451.01
					E :	
Tanggal : 10 Agustus						567317.87
				Kode		
Lokasi : Ds Ngroto				Lintasan	: P1	
Arah Lintasan : N 24 E				Operator	: Giyanto	
AB/2 Meter	MN / 2 Meter	K	I (mA)	V (mV)	Rho (ohm meter)	R apparent
1	0.25	5.8905	2.080	3.641	1.750480769	10.31120697
1.5	0.25	13.7445	2.080	1.582	0.760576923	10.45374952
2	0.25	24.74	2.080	0.674	0.324038462	8.016711538
3	0.25	56.156	2.080	0.314	0.150961538	8.477396154
3	0.5	27.4889	2.080	0.778	0.374038462	10.28190587
4	0.25	100.138	2.080	0.144	0.069230769	6.932651538
4	0.5	49.4801	2.080	0.365	0.175480769	8.68280601
5	0.25	156.687	2.080	0.122	0.058653846	9.190289327
5	0.5	77.7544	2.080	0.231	0.111057692	8.635224231
6	0.5	112.312	2.080	0.196	0.094230769	10.58323673
8	0.5	200.277	2.080	0.101	0.048557692	9.724964663
10	0.5	313.374	2.080	0.004	0.001923077	0.602642115
10	2	75.3982	2.080	0.513	0.246634615	18.59580606
12	0.5	451.604	2.080	0.084	0.040384615	18.23784981
12	2	109.956	2.080	0.338	0.1625	17.86780125

15	0.5	706.073	2.080	0.041	0.019711538	13.91778313
15	2	173.573	2.080	0.060	0.028846154	5.006913462
20	2	311.018	2.080	0.176	0.084615385	26.31688231
25	2	487.732	2.080	0.222	0.106730769	52.05604356
30	2	703.717	2.080	0.070	0.033653846	23.68277692
40	2	1253.5	2.080	0.040	0.019230769	24.10568269
40	8	301.593	2.081	0.042	0.020182605	6.086930226
50	2	1960.35	2.081	0.010	0.004805382	9.420248919
50	8	478.308	2.080	0.200	0.096153846	45.99110577
60	2	2824.29	2.080	0.048	0.023076923	65.17596462
60	8	694.292	2.080	0.101	0.048557692	33.71321731
80	8	1244.07	2.080	0.330	0.158653846	197.3766014

2. Data pada kode lintasan P2

Data Survey Geolistrik						
Metode Vertical Electronic Sounding Konfigusari Schlumberger						
Koordinat					N : 9212270.78	
Tanggal : 10 Agustus					E : 567056.29	
Lokasi : Ds Ngroto					Kode Lintasan : P2	
Arah Lintasan : N 24 E					Operator : Giyanto	
AB/2 Meter	MN / 2 Meter	K	I (mA)	V (mV)	Rho (ohm meter)	R apparent
1	0.25	5.8905	2.080	11.806	5.6759615	33.43425144
1.5	0.25	13.7445	2.080	4.452	2.1403846	29.41851635
2	0.25	24.74	2.080	2.236	1.075	26.5955
3	0.25	56.156	2.080	1.015	0.4879808	27.40304808

3	0.5	27.4889	2.081	1.627	0.7818357	21.49180216
4	0.25	100.1383	2.081	0.555	0.2666987	26.70675469
4	0.5	49.4801	2.080	0.933	0.4485577	22.19467947
5	0.25	156.6869	2.080	0.336	0.1615385	25.31096077
5	0.5	77.7544	2.080	0.626	0.3009615	23.40108385
6	0.5	112.3119	2.080	0.401	0.1927885	21.65243841
8	0.5	200.2765	2.081	0.224	0.1076406	21.5578741
10	0.5	313.3739	2.080	0.134	0.0644231	20.18851087
10	2	75.3982	2.080	0.513	0.2466346	18.59580606
12	0.5	451.6039	2.080	0.084	0.0403846	18.23784981
12	2	109.9557	2.080	0.338	0.1625	17.86780125
15	0.5	706.0729	2.081	0.047	0.0225853	15.94686511
15	2	173.573	2.080	0.168	0.0807692	14.01935769
20	2	311.0177	2.081	0.091	0.043729	13.60048568
25	2	487.7323	2.081	0.042	0.0201826	9.843708121
30	2	703.7168	2.080	0.032	0.0153846	10.82641231
40	2	1253.4955	2.080	0.033	0.0158654	19.88718822
40	8	301.5929	2.081	0.065	0.031235	9.420249159
50	2	1960.3538	2.081	0.015	0.0072081	14.13037338
50	8	478.3075	2.080	0.007	0.0033654	1.609688702
60	2	2824.2918	2.080	0.013	0.00625	17.65182375
60	8	694.292	2.080	0.026	0.0125	8.67865
80	8	1244.0707	2.080	0.014	0.0067308	8.373552788
100	8	1950.929	2.080	0.010	0.0048077	9.379466346

3. Data pada kode lintasan P3

Data Survey Geolistrik						
Metode Vertical Electronic Sounding Konfigusari Schlumberger						
					N :	
					Koordinat	9211688.27
Tanggal : 11 Agustus					E : 566423.29	
: Ds Karangboyoy					Kode	
Lokasi (RSS)					Lintasan	: P3
Arah Lintasan : N 109 E					Operator	: Giyanto
AB/2 Meter	MN / 2 Meter	K	I (mA)	V (mV)	Rho (ohm meter)	R apparent
1	0.25	5.8905	2.080	1.128	0.5423077	3.194463462
1.5	0.25	13.7445	2.080	0.611	0.29375	4.037446875
2	0.25	24.74	2.080	0.271	0.1302885	3.223336538
3	0.25	56.156	2.080	0.112	0.0538462	3.023784615
3	0.5	27.4889	2.081	0.342	0.1643441	4.517637578
4	0.25	100.138	2.081	0.047	0.0225853	2.261653099
4	0.5	49.4801	2.080	0.188	0.0903846	4.472239808
5	0.25	156.687	2.080	0.035	0.0168269	2.636558413
5	0.5	77.7544	2.080	0.061	0.0293269	2.280297308
6	0.5	112.312	2.080	0.085	0.0408654	4.58966899
8	0.5	200.277	2.081	0.044	0.0211437	4.234582412
10	0.5	313.374	2.080	0.033	0.0158654	4.971797452
10	2	75.3982	2.080	0.078	0.0375	2.8274325
12	0.5	451.604	2.080	0.014	0.0067308	3.039641635
12	2	109.956	2.080	0.050	0.0240385	2.643165865
15	0.5	706.073	2.081	0.003	0.0014416	1.017885007
15	2	173.573	2.080	0.021	0.0100962	1.752419712
20	2	311.018	2.081	0.015	0.0072081	2.241838299

25	2	487.732	2.081	0.015	0.0072081	3.515610043
30	2	703.717	2.080	0.013	0.00625	4.39823
40	2	1253.5	2.080	0.005	0.0024038	3.013210337
40	8	301.593	2.081	0.020	0.0096108	2.898538203
50	2	1960.35	2.081	0.001	0.0004805	0.942024892
50	8	478.308	2.080	0.007	0.0033654	1.609688702
60	2	2824.29	2.080	0.015	0.0072115	20.36748894
60	8	694.292	2.080	0.004	0.0019231	1.335176923
80	8	1244.07	2.080	0.003	0.0014423	1.79433274
100	8	1950.93	2.080	0.011	0.0052885	10.31741298
100	20	753.982	2.080	0.019	0.0091346	6.887337404
125	8	3055.4	2.080	0.003	0.0014423	4.40682
125	20	2026.46	2.080	0.008	0.0038462	7.79407
150	8	4405.3	2.080	0.007	0.0033654	14.82552313
150	20	1735.73	2.080	0.011	0.0052885	9.179340817

4. Data pada kode lintasan P4

Data Survey Geolistrik						
Metode Vertical Electronic Sounding Konfigusari Schlumberger						
				Koordinat N : 565760.85		
Tanggal : 11 Agustus				E : 9211800.71		
Lokasi : Ds Karangboyo (Mentul)				Kode Lintasan : P4		
Arah Lintasan : N 300 E				Operator : Giyanto		
AB/2 Meter	MN / 2 Meter	K	I (mA)	V (mV)	Rho (ohm meter)	R apparent
1	0.25	5.8905	2.080	2.487	1.1956731	7.04311226
1.5	0.25	13.745	2.080	0.854	0.4105769	5.643174519

2	0.25	24.74	2.080	0.374	0.1798077	4.448442308
3	0.25	56.156	2.080	0.139	0.0668269	3.752732692
3	0.5	27.489	2.080	0.277	0.1331731	3.660781394
4	0.25	100.14	2.080	0.079	0.0379808	3.803329663
4	0.5	49.48	2.080	0.151	0.0725962	3.592064952
5	0.25	156.69	2.080	0.048	0.0230769	3.615851538
5	0.5	77.754	2.080	0.134	0.0644231	5.009177692
6	0.5	112.31	2.080	0.046	0.0221154	2.483820865
8	0.5	200.28	2.080	0.005	0.0024038	0.481433894
10	0.5	313.37	2.080	0.011	0.0052885	1.657265817
10	2	75.398	2.081	0.116	0.0557424	4.202879
12	0.5	451.6	2.080	0.005	0.0024038	1.085586298
12	2	109.96	2.080	0.077	0.0370192	4.070475433
15	0.5	706.07	2.080	0.065	0.03125	22.06477813
15	2	173.57	2.080	0.075	0.0360577	6.258641827
20	2	311.02	2.080	0.013	0.00625	1.943860625
25	2	487.73	2.080	0.002	0.0009615	0.468973365
30	2	703.72	2.080	0.010	0.0048077	3.383253846
40	2	1253.5	2.081	0.002	0.0009611	1.20470495
40	8	301.59	2.080	0.021	0.0100962	3.044928317
50	2	1960.4	2.080	0.010	0.0048077	9.424777885
50	8	478.31	2.081	0.004	0.0019222	0.919380106
60	2	2824.3	2.081	0.007	0.0033638	9.50026074
60	8	694.29	2.080	0.002	0.0009615	0.667588462
80	8	1244.1	2.081	0.009	0.0043248	5.380411485
100	8	1950.9	2.080	0.010	0.0048077	9.379466346
100	20	753.98	2.080	0.004	0.0019231	1.449965769
125	8	3055.4	2.080	0.007	0.0033654	10.28258

125	12	2026.5	2.080	0.009	0.0043269	8.76832875
-----	----	--------	-------	-------	-----------	------------

5. Data pada kode lintasan P5

Data Survey Geolistrik						
Metode Vertical Electronic Sounding Konfigusari Schlumberger						
					Koordinat	N : 9211855.7
Tanggal : 11 Agustus					E : 565555.75	
Lokasi : Barat STTR					Kode Lintasan	: P5
Arah Lintasan : N 110 E					Operator	: Giyanto
AB/2 Meter	MN / 2 Meter	K	I (mA)	V (mV)	Rho (ohm meter)	R apparent
1	0.25	5.8905	2.080	1.150	0.552885	3.256766827
1.5	0.25	13.7445	2.080	0.272	0.130769	1.797357692
2	0.25	24.74	2.080	0.138	0.066346	1.641403846
3	0.25	56.156	2.080	0.052	0.025	1.4039
3	0.5	27.4889	2.080	0.165	0.079327	2.180609856
4	0.25	100.138	2.081	0.025	0.012013	1.203006968
4	0.5	49.4801	2.080	0.078	0.0375	1.85550375
5	0.25	156.687	2.080	0.016	0.007692	1.205283846
5	0.5	77.7544	2.081	0.259	0.124459	9.677265545
6	0.5	112.312	2.081	0.033	0.015858	1.781015233
8	0.5	200.277	2.080	0.009	0.004327	0.86658101
10	0.5	313.374	2.080	0.011	0.005288	1.657265817
10	2	75.3982	2.081	0.041	0.019702	1.485500336
12	0.5	451.604	2.081	0.004	0.001922	0.868051706
12	2	109.956	2.081	0.029	0.013936	1.532299519
15	0.5	706.073	2.080	0.022	0.010577	7.46807875

15	2	173.573	2.080	0.023	0.011058	1.919316827
20	2	311.018	2.081	0.010	0.004805	1.494558866
25	2	487.732	2.080	0.008	0.003846	1.875893462
30	2	703.717	2.081	0.016	0.007689	5.410604901
40	2	1253.5	2.081	0.002	0.000961	1.20470495
40	8	301.593	20.718	0.144	0.00695	2.09621477
50	2	1960.35	2.081	0.008	0.003844	7.536199135
50	8	478.308	20.718	0.079	0.003813	1.823838812
60	2	2824.29	20.718	0.016	0.000772	2.181130843
60	8	694.292	20.719	0.053	0.002558	1.776025677
80	8	1244.07	20.719	0.026	0.001255	1.561167923
100	8	1950.93	20.719	0.022	0.001062	2.071549689
100	20	753.982	20.719	0.065	0.003137	2.365405811
125	8	3055.4	20.719	0.017	0.000821	2.506960683
125	12	2026.46	20.719	0.04	0.001931	3.912270283
150	20	1735.73	20.719	0.026	0.001255	2.178144573

6. Data pada kode lintasan P6

Data Survey Geolistrik						
Metode Vertical Electronic Sounding Konfigusari Schlumberger						
					N :	
					Koordinat	9211920.38
					E :	
Tanggal : 12 Agustus						564790.3
					Kode	
Lokasi : Ds Mentul					Lintasan	: P6
Arah Lintasan : N 275 E					Operator	: Giyanto
AB/2 Meter	MN / 2 Meter	K	I (mA)	V (mV)	Rho (ohm meter)	R apparent

1	0.25	5.8905	2.080	2.336	1.1230769	6.615484615
1.5	0.25	13.7445	2.080	0.849	0.4081731	5.610134856
2	0.25	24.74	2.080	0.486	0.2336538	5.780596154
3	0.25	56.156	2.080	0.168	0.0807692	4.535676923
3	0.5	27.4889	2.080	0.380	0.1826923	5.022010577
4	0.25	100.1383	2.080	0.083	0.0399038	3.995903317
4	0.5	49.4801	2.080	0.158	0.0759615	3.758584519
5	0.25	156.6869	2.080	0.075	0.0360577	5.649768029
5	0.5	77.7544	2.080	0.031	0.0149038	1.158839615
6	0.5	112.3119	2.080	0.073	0.0350962	3.941715721
8	0.5	200.2765	2.080	0.033	0.0158654	3.177463702
10	0.5	313.3739	2.080	0.023	0.0110577	3.465192163
10	2	75.3982	2.080	0.087	0.0418269	3.153674712
12	0.5	451.6039	2.080	0.015	0.0072115	3.256758894
12	2	109.9557	2.080	0.058	0.0278846	3.066072404
15	0.5	706.0729	2.080	0.009	0.0043269	3.055123125
15	2	173.573	2.080	0.058	0.0278846	4.840016346
20	2	311.0177	2.080	0.039	0.01875	5.831581875
25	2	487.7323	2.080	0.011	0.0052885	2.57935351
30	2	703.7168	2.080	0.009	0.0043269	3.044928462
40	2	1253.496	2.080	0.020	0.0096154	12.05284135
40	8	301.5929	20.715	0.238	0.0114893	3.465078938
50	2	1960.354	20.715	0.033	0.001593	3.122938711
50	8	478.3075	20.716	0.146	0.0070477	3.370964231
60	2	2824.292	20.716	0.021	0.0010137	2.86301061
60	8	694.292	20.714	0.094	0.004538	3.150692672
80	8	1244.071	20.715	0.047	0.0022689	2.822656186
100	8	1950.929	20.715	0.034	0.0016413	3.202104079
100	20	753.9822	20.715	0.087	0.0041999	3.166616046

125	8	3055.395	20.716	0.013	0.0006275	1.917365206
125	12	2026.458	20.716	0.039	0.0018826	3.81501592
150	8	4405.298	20.715	0.009	0.0004345	1.913960159

7. Data pada kode lintasan P7

Data Survey Geolistrik						
Metode Vertical Electronic Sounding Konfigusari Schlumberger						
					Koordinat	N : 9212007.51
Tanggal : 13 Agustus					E : 564545.72	
Lokasi : TRB-B (Sebelah Barat)					Kode Lintasan	: P-7
Arah Lintasan : N 340 E					Operator	: Giyanto
AB/2 Meter	MN / 2 Meter	K	I (mA)	V (mV)	Rho (ohm meter)	R apparent
1	0.25	5.8905	2.080	2.335	1.1225962	6.612652644
1.5	0.25	13.7445	2.080	0.870	0.4182692	5.748901442
2	0.25	24.74	2.080	0.354	0.1701923	4.210557692
3	0.25	56.156	2.080	0.138	0.0663462	3.725734615
3	0.5	27.4889	2.080	0.224	0.1076923	2.960343077
4	0.25	100.138	2.080	0.081	0.0389423	3.89961649
4	0.5	49.4801	2.080	0.123	0.0591346	2.925986683
5	0.25	156.687	2.080	0.047	0.0225962	3.540521298
5	0.5	77.7544	2.081	0.090	0.0432484	3.362756367
6	0.5	112.312	2.080	0.058	0.0278846	3.131774135
8	0.5	200.277	2.080	0.027	0.0129808	2.599743029
10	0.5	313.374	2.080	0.020	0.0096154	3.013210577
10	2	75.3982	2.080	0.088	0.0423077	3.189923846
12	0.5	451.604	2.080	0.015	0.0072115	3.256758894

12	2	109.956	2.080	0.064	0.0307692	3.383252308
15	0.5	706.073	2.080	0.010	0.0048077	3.39458125
15	2	173.573	2.080	0.026	0.0125	2.1696625
20	2	311.018	2.080	0.022	0.0105769	3.289610288
25	2	487.732	2.081	0.011	0.0052859	2.578114032
30	2	703.717	2.080	0.010	0.0048077	3.383253846
40	2	1253.5	2.080	0.005	0.0024038	3.013210337
40	8	301.593	2.080	0.012	0.0057692	1.739959038
50	2	1960.35	20.717	0.012	0.0005792	1.135504446
50	8	478.308	20.718	0.098	0.0047302	2.262483589
60	2	2824.29	2.080	0.001	0.0004808	1.357832596
60	8	694.292	20.718	0.064	0.0030891	2.144738295
80	8	1244.07	20.718	0.032	0.0015446	1.921530186
100	8	1950.93	20.718	0.022	0.0010619	2.071649677
100	20	753.982	20.718	0.051	0.0024616	1.856023371
125	8	3055.4	20.718	0.013	0.0006275	1.917180114
125	20	2026.46	20.718	0.026	0.0012549	2.543098426

8. Data pada kode lintasan P8

Data Survey Geolistrik						
Metode Vertical Electronic Sounding Konfigusari Schlumberger						
					Koordinat	N : 9211673.73
Tanggal : 13 Agustus					E : 564580.23	
Lokasi : Perumahan					Kode Lintasan	: P-8
Arah Lintasan : N 340 E					Operator	: Giyanto
AB/2 Meter	MN / 2 Meter	K	I (mA)	V (mV)	Rho (ohm meter)	R apparent

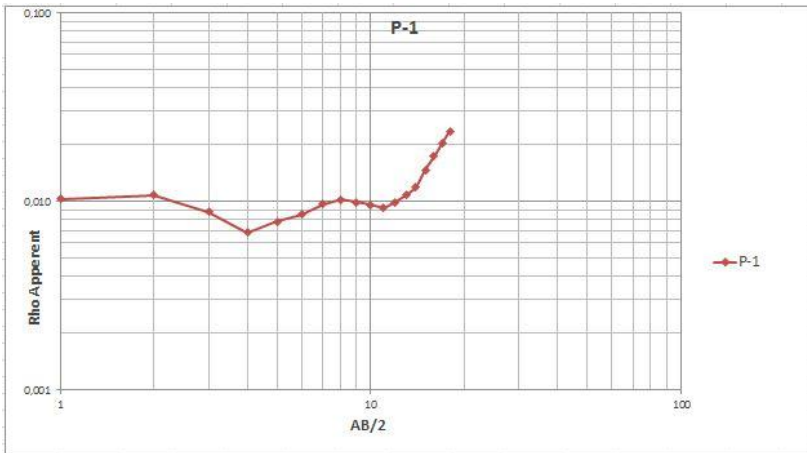
1	0.25	5.8905	2.080	3.213	1.5447115	9.099123317
1.5	0.25	13.745	2.080	1.386	0.6663462	9.158594712
2	0.25	24.74	2.080	0.569	0.2735577	6.767817308
3	0.25	56.156	2.080	0.236	0.1134615	6.371546154
3	0.5	27.489	2.080	0.402	0.1932692	5.312758558
4	0.25	100.14	2.080	0.119	0.0572115	5.729066202
4	0.5	49.48	2.080	0.196	0.0942308	4.662547885
5	0.25	156.69	2.080	0.070	0.0336538	5.273116827
5	0.5	77.754	2.081	0.152	0.0730418	5.679321864
6	0.5	112.31	2.080	0.094	0.0451923	5.075633942
8	0.5	200.28	2.080	0.045	0.0216346	4.332905048
10	0.5	313.37	2.080	0.033	0.0158654	4.971797452
10	2	75.398	2.080	0.101	0.0485577	3.661162596
12	0.5	451.6	2.080	0.022	0.0105769	4.776579712
12	2	109.96	2.080	0.079	0.0379808	4.176202067
15	0.5	706.07	2.080	0.010	0.0048077	3.39458125
15	2	173.57	2.080	0.053	0.0254808	4.422773558
20	2	311.02	2.080	0.030	0.0144231	4.485832212
25	2	487.73	20.718	0.128	0.0061782	3.013308929
30	2	703.72	20.718	0.089	0.0042958	3.023013573
40	2	1253.5	20.719	0.052	0.0025098	3.145989961
40	8	301.59	20.719	0.169	0.0081568	2.460022207
50	2	1960.4	20.719	0.027	0.0013032	2.55463838
50	8	478.31	20.719	0.106	0.0051161	2.447058014
60	2	2824.3	20.719	0.014	0.0006757	1.908397374
60	8	694.29	20.719	0.073	0.0035233	2.446224046
80	8	1244.1	20.719	0.044	0.0021237	2.641976485
100	8	1950.9	20.719	0.027	0.0013032	2.542356436

125	8	3055.4	20.719	0.010	0.0004826	1.474682755
125	20	2026.5	20.719	0.07	0.0033785	6.846472996

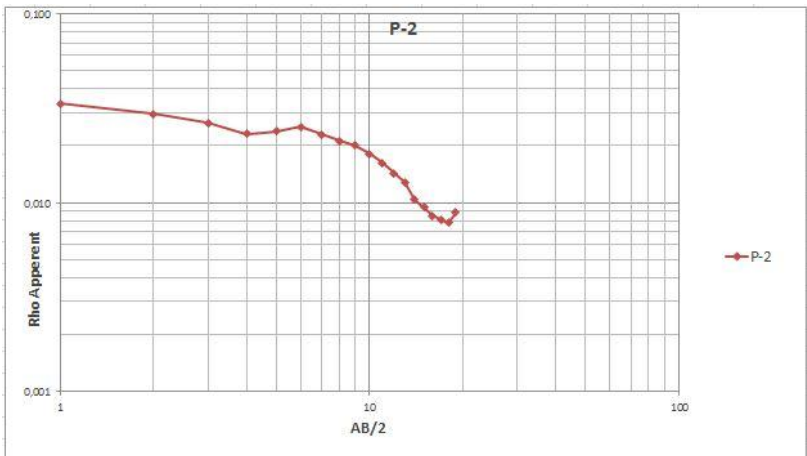
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN B :
Hasil Pengolahan Pengukuran Lapangan

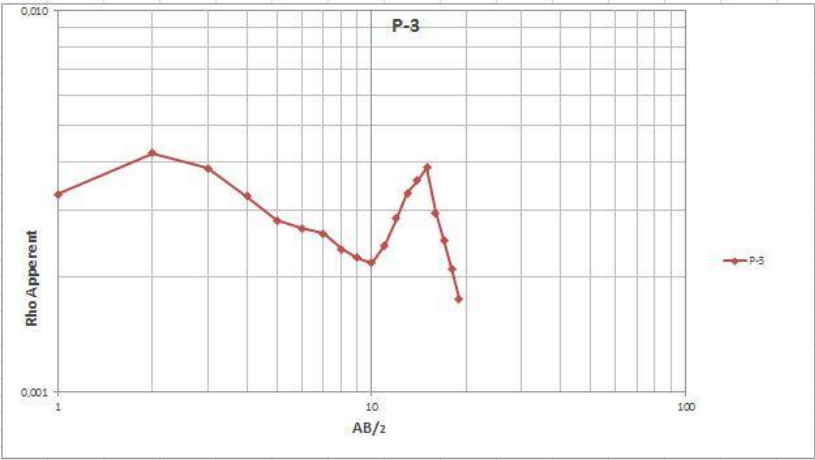
1. Data lintasan P1



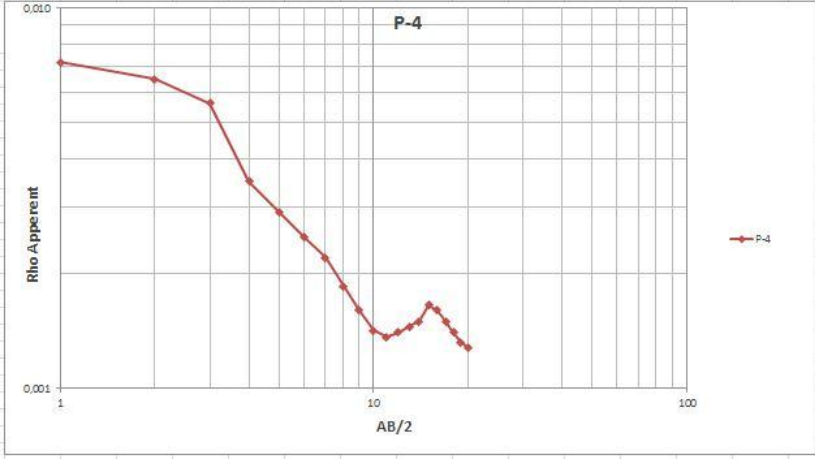
2. Data lintasan P2



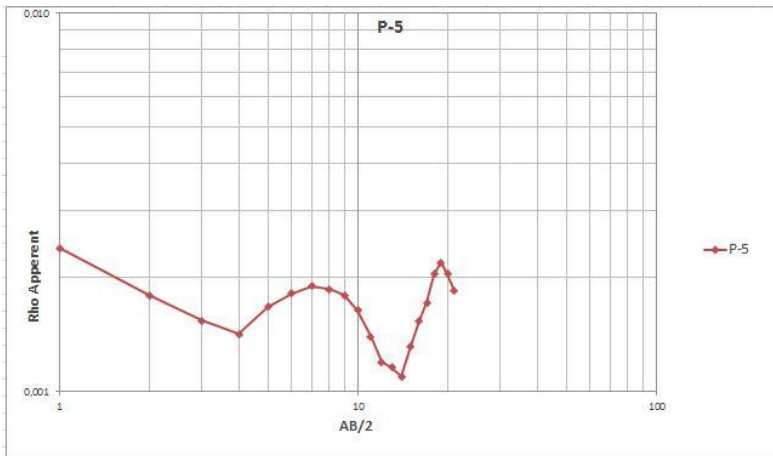
3. Data lintasan P3



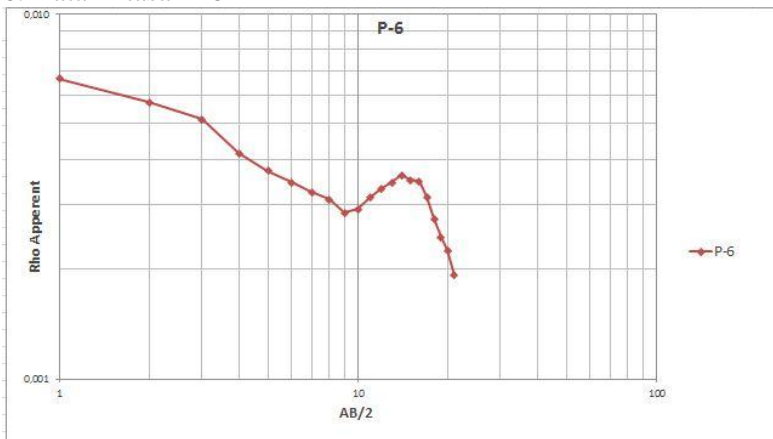
4. Data lintasan P4



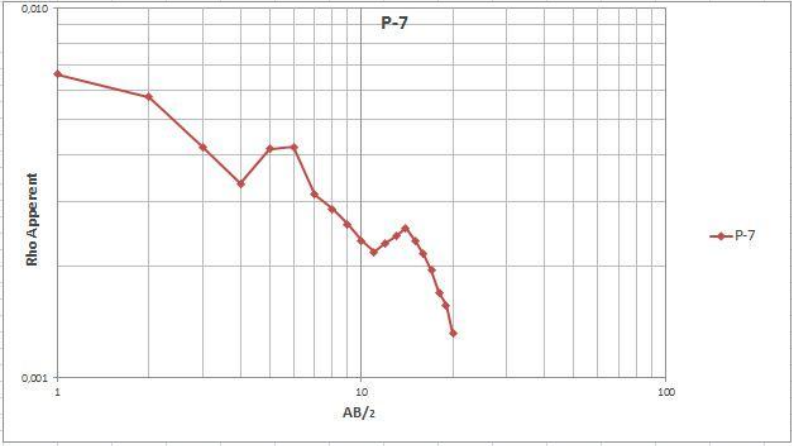
5. Data lintasan P5



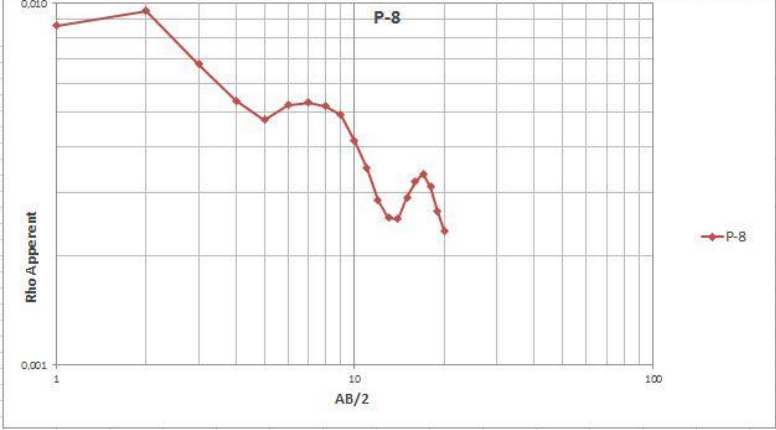
6. Data lintasan P6



7. Data lintasan P7

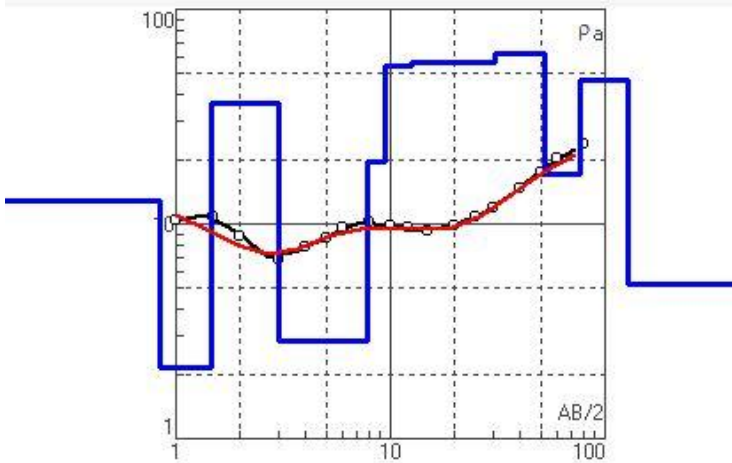


8. Data lintasan P8

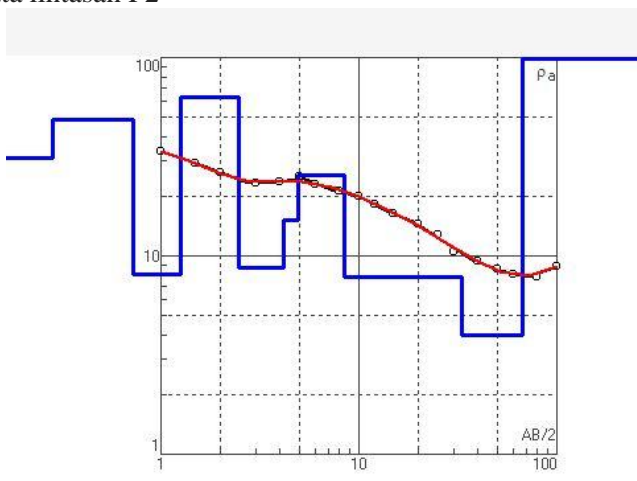


LAMPIRAN C : Kurva *Matching* dan Data Hasil Pengolahan VES

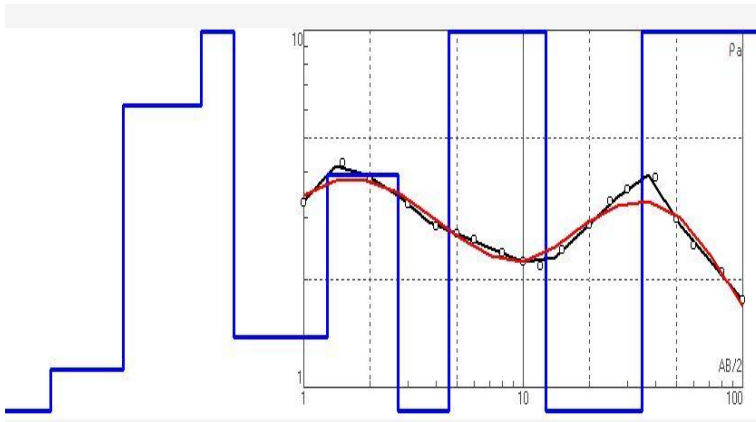
1. Data lintasan P1



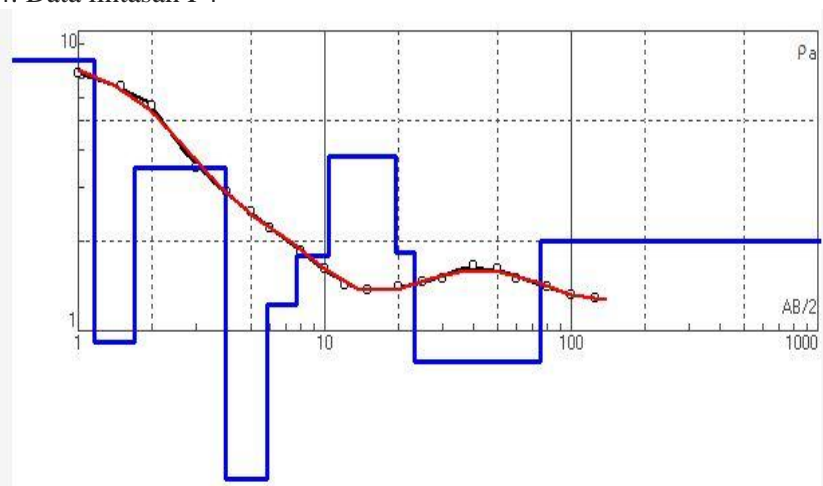
2. Data lintasan P2



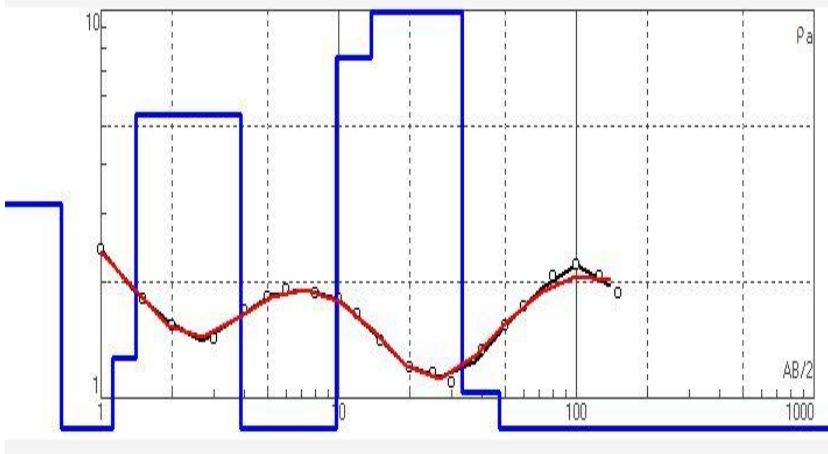
3. Data lintasan P3



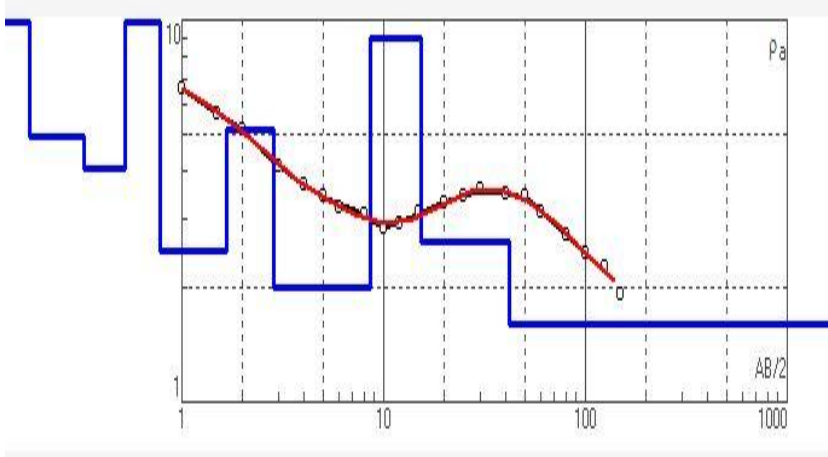
4. Data lintasan P4



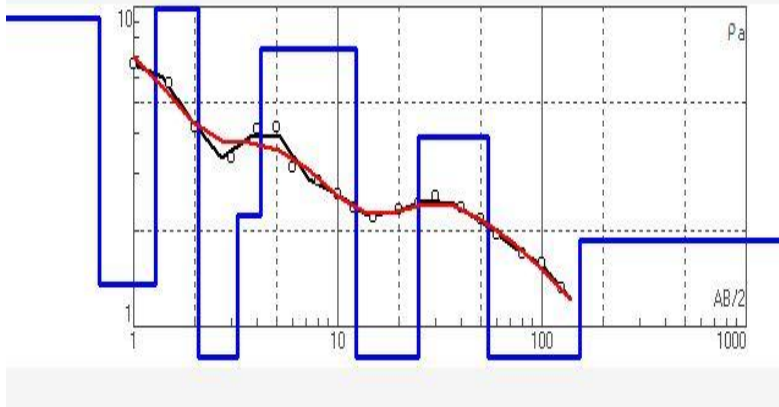
5. Data lintasan P5



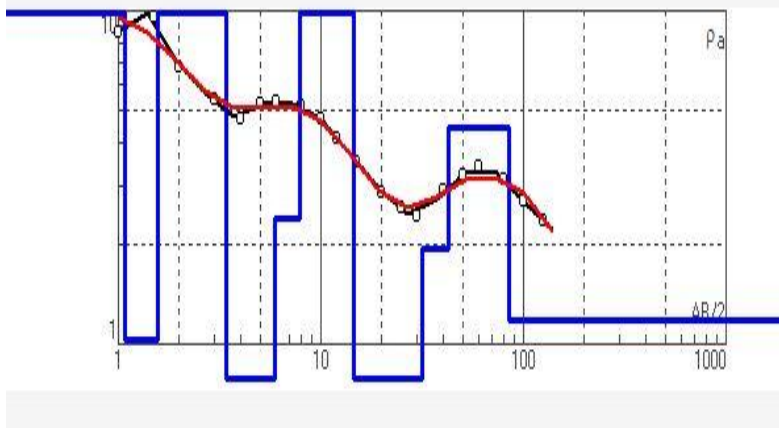
6. Data lintasan P6



7. Data lintasan P7



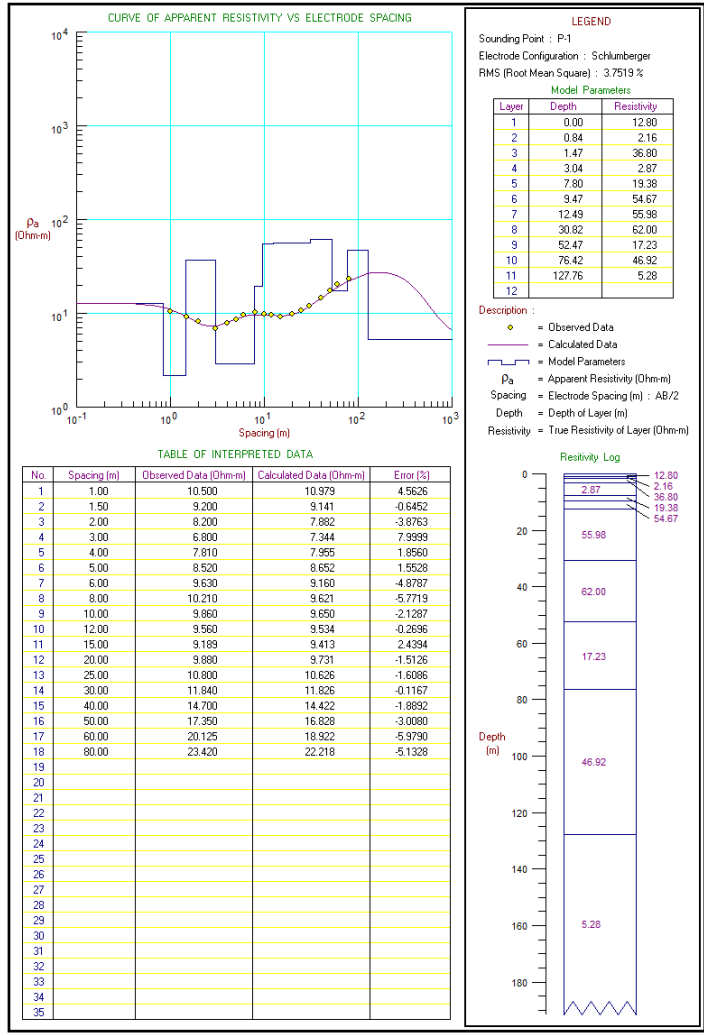
8. Data lintasan P8



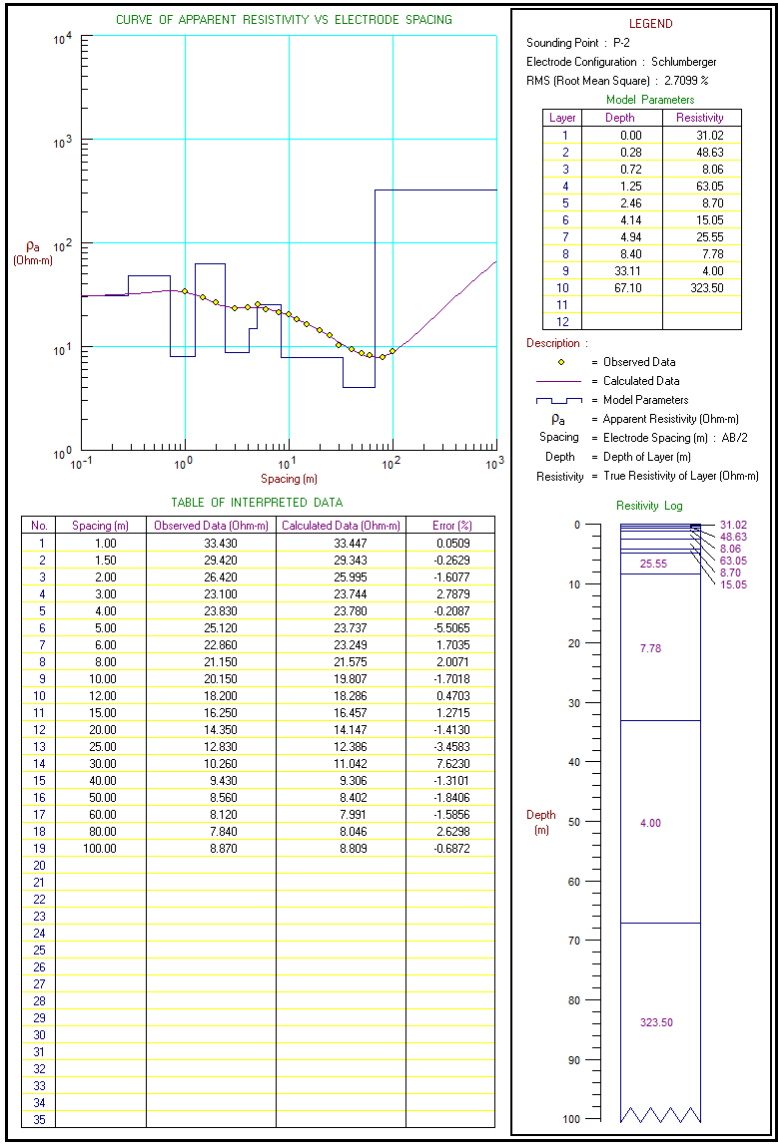
LAMPIRAN D :

Hasil Pengolahan pada Software PROGRESS V 3.0

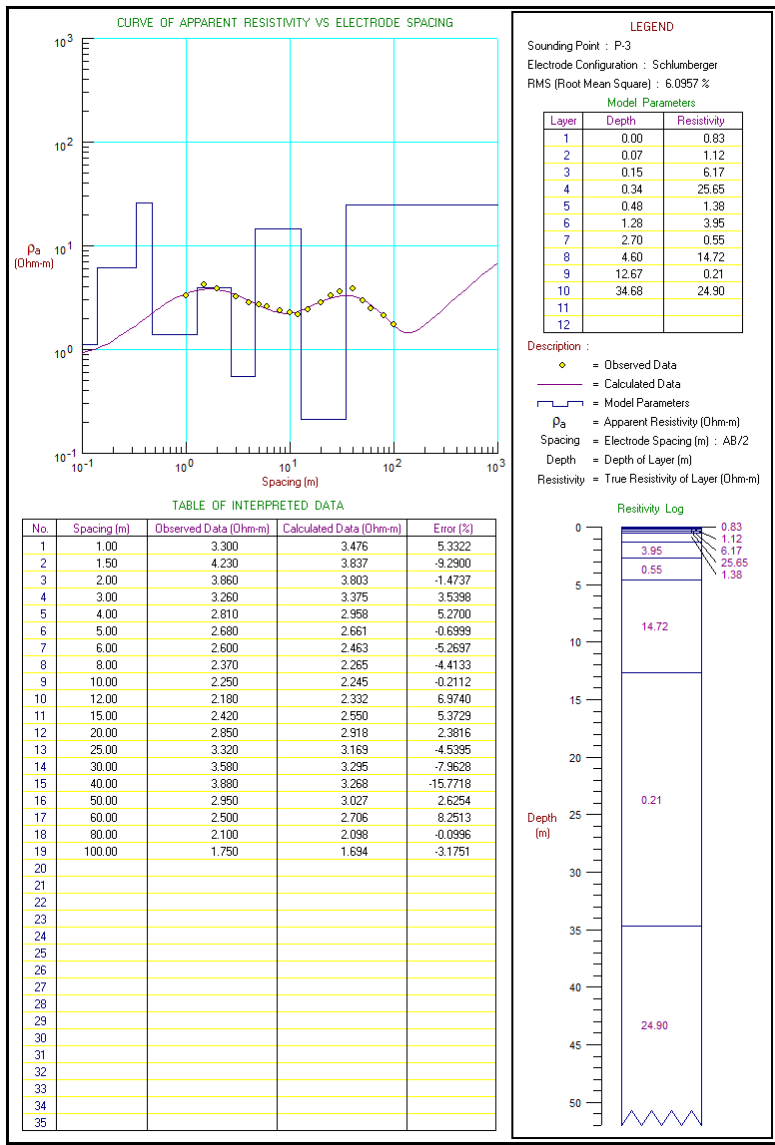
1. Data lintasan P1



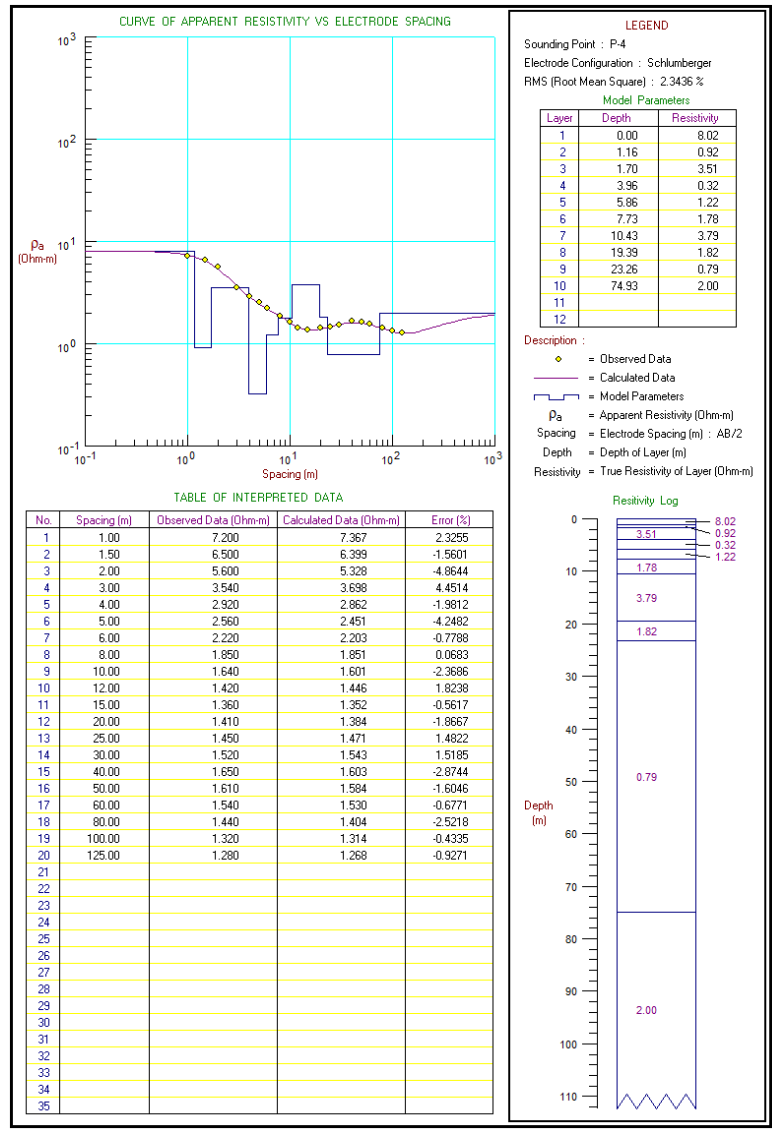
2. Data lintasan P2



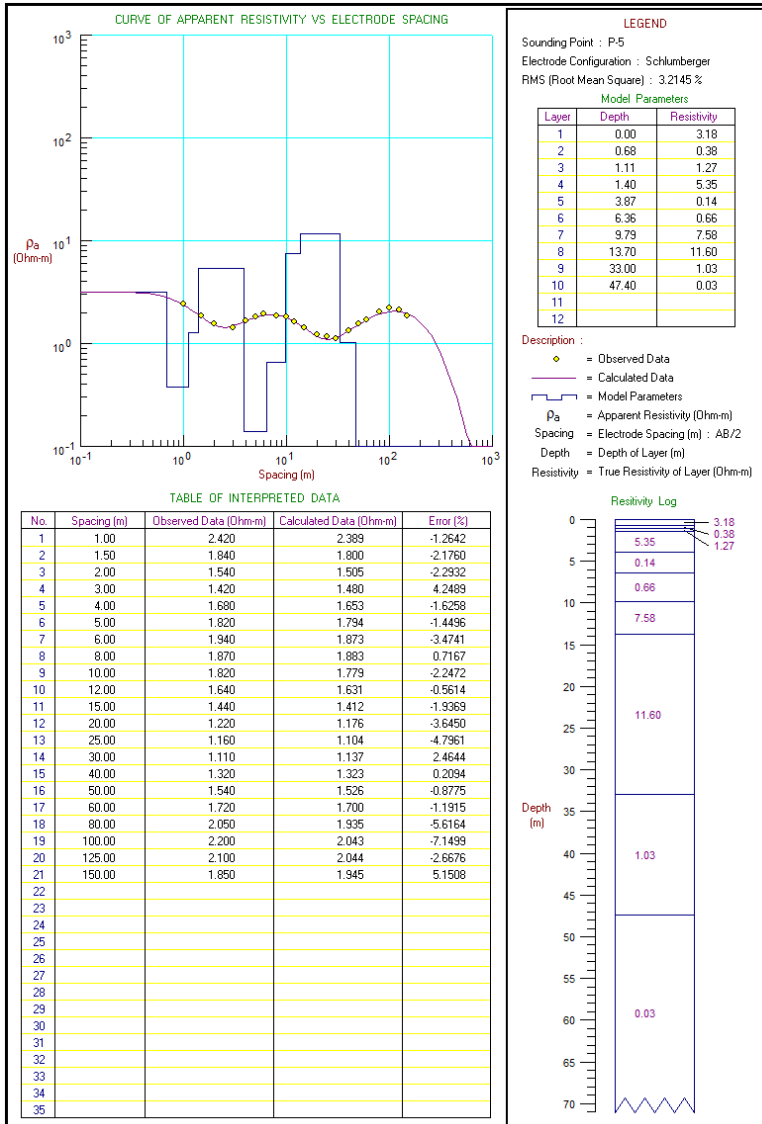
3. Data lintasan P3



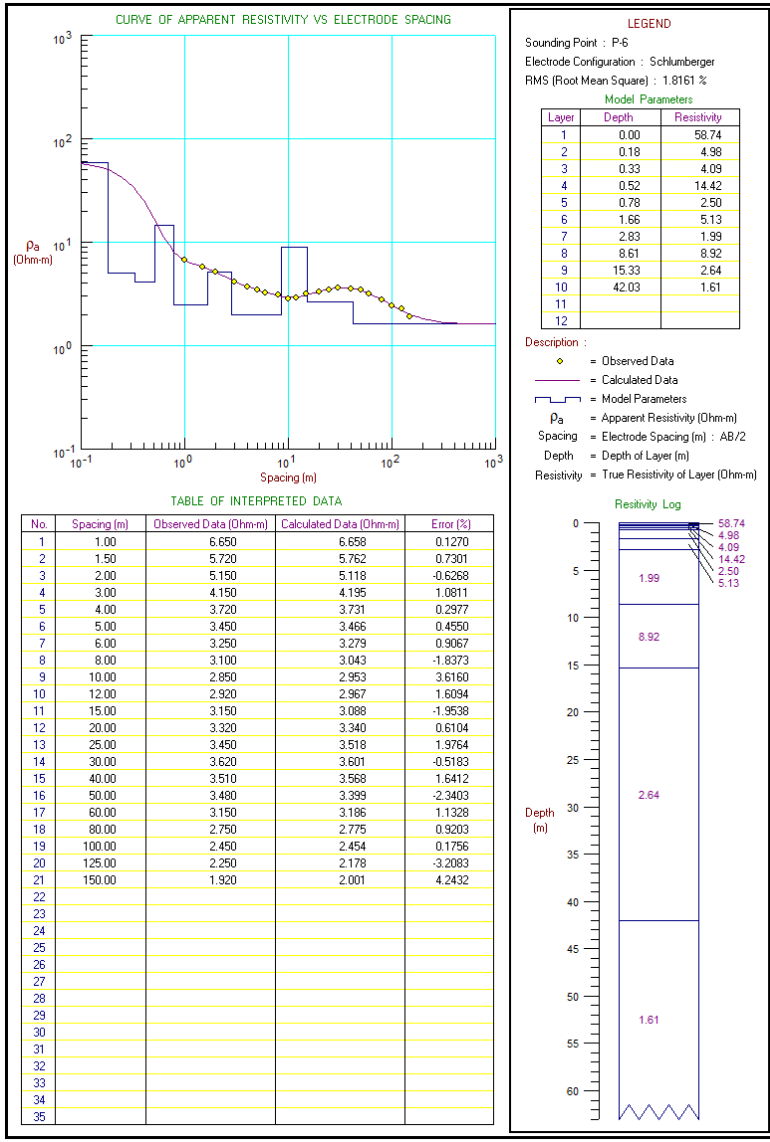
4. Data lintasan P4



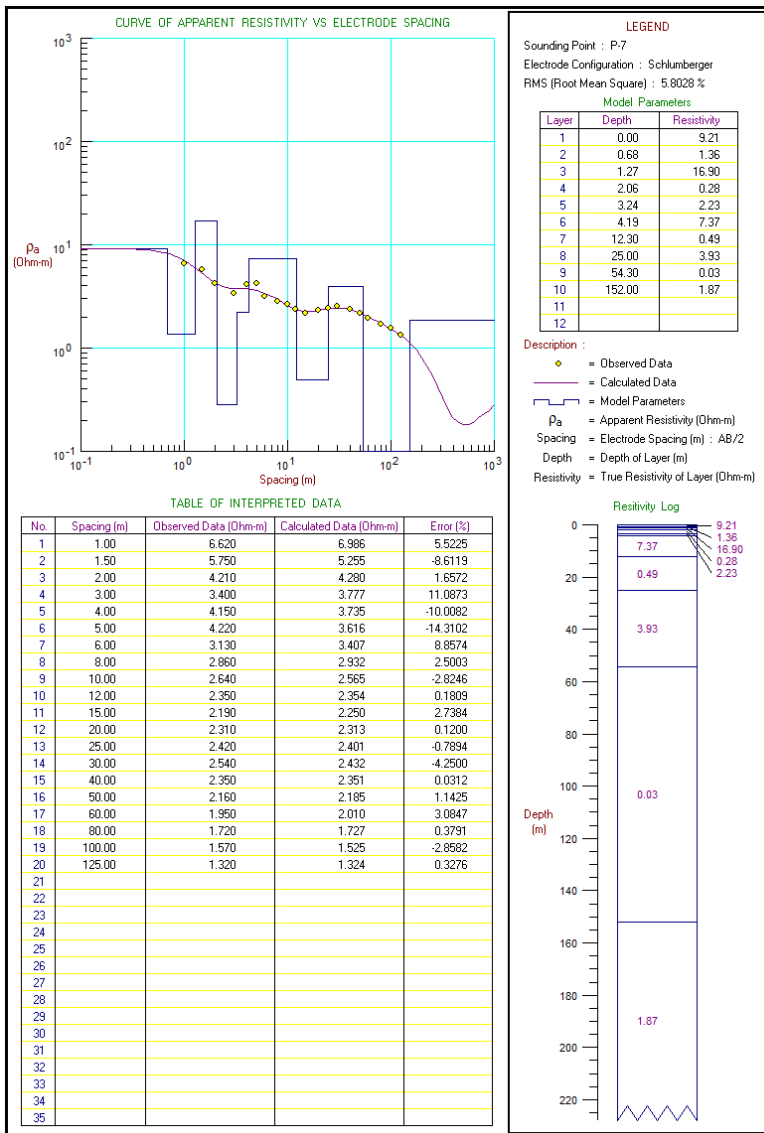
5. Data lintasan P5



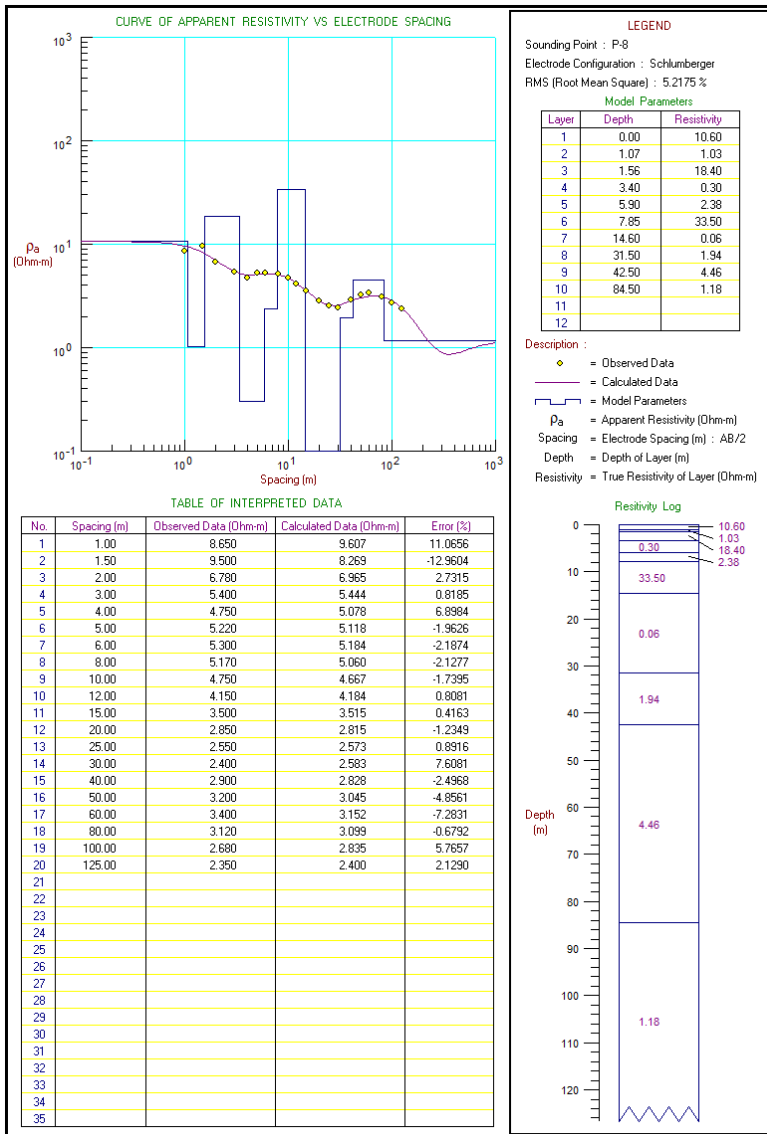
6. Data lintasan P6



7. Data lintasan P7



8. Data lintasan P8



LAMPIRAN E :**Tabel Hasil Pengolahan Titik *Sounding*****1. Hasil pengolahan P1**

Lapisan	Kedalaman (m)	Ketebalan (m)	Resistivitas (Ωm)
1	0.84	0.84	12.8
2	1.47	0.63	2.16
3	3.04	1.57	36.8
4	7.8	4.76	2.87
5	9.47	1.67	19.4
6	12.5	3.02	54.7
7	30.8	18.3	56
8	52.5	21.7	62
9	76.4	23.9	17.2
10	128	51.3	46.9
11	-	-	5.28

2. Hasil pengolahan P2

Lapisan	Kedalaman (m)	Ketebalan (m)	Resistivitas (Ωm)
1	0.28	0.28	31.02
2	0.72	0.44	48.63
3	1.25	0.53	8.06
4	2.46	1.2	63.05
5	4.13	1.68	8.7
6	4.94	0.8	15.05
7	8.4	3.45	25.55
8	33.11	24.71	7.78
9	67.1	33.99	3.99
10	-	-	323.5

3. Hasil pengolahan P3

Lapisan	Kedalaman (m)	Ketebalan (m)	Resistivitas (Ωm)
1	0.07	0.07	0.83
2	0.15	0.08	1.12
3	0.34	0.19	6.17
4	0.48	0.14	25.6
5	1.28	0.8	1.38
6	2.7	1.42	3.95
7	4.6	1.9	0.55
8	12.7	8.07	14.7
9	34.7	22	0.21
10	-	-	34.9

4. Hasil pengolahan P4

Lapisan	Kedalaman (m)	Ketebalan (m)	Resistivitas (Ωm)
1	1.16	1.16	8.02
2	1.7	0.54	0.92
3	3.95	2.26	3.51
4	5.86	1.9	0.32
5	7.72	1.87	1.22
6	10.43	2.71	1.78
7	19.39	8.96	3.8
8	23.26	3.87	1.82
9	74.93	51.67	0.8
10	-	-	1.99

5. Hasil pengolahan P5

Lapisan	Kedalaman (m)	Ketebalan (m)	Resistivitas (Ωm)
1	0.68	0.68	3.18
2	1.11	0.43	0.38
3	1.4	0.29	1.27
4	3.87	2.47	5.35
5	6.36	2.49	0.14
6	9.79	3.43	0.67
7	13.7	3.86	7.58
8	33	19.3	11.6
9	47.4	14.4	1.03
10	-	-	0.04

6. Hasil pengolahan P6

Lapisan	Kedalaman (m)	Ketebalan (m)	Resistivitas (Ωm)
1	0.18	0.18	58.74
2	0.33	0.15	4.98
3	0.52	0.19	4.09
4	0.78	0.26	14.42
5	1.66	0.87	2.5
6	2.83	1.17	5.13
7	8.61	5.78	1.99
8	15.33	6.71	8.92
9	42.03	26.7	2.63
10	-	-	1.6

7. Hasil pengolahan P7

Lapisan	Kedalaman (m)	Ketebalan (m)	Resistivitas (Ωm)
1	0.68	0.68	9.21
2	1.27	0.59	1.36
3	2.06	0.79	16.9
4	3.24	1.18	0.28
5	4.19	0.95	2.23
6	12.3	8.09	7.37
7	25	12.7	0.49
8	54.3	29.3	3.93
9	152	98.1	0.03
10	-	-	1.87

8. Hasil pengolahan P8

Lapisan	Kedalaman (m)	Ketebalan (m)	Resistivitas (Ωm)
1	1.07	1.07	10.6
2	1.56	0.49	1.03
3	3.4	1.84	18.4
4	5.9	2.5	0.3
5	7.85	1.95	2.38
6	14.6	6.75	33.5
7	31.5	16.9	0.06
8	42.5	11	1.94
9	84.5	42	4.46
10	-	-	1.18

LAMPIRAN F :**Tabel Hasil Interpretasi Titik *Sounding*****1. Hasil interpetasi P1**

Lapisan	Kedalaman (m)	Resistivitas (Ω m)	Litologi
1	0	12.8	Batu Lempung
2	0.84	2.16	Batu Lempung
3	1.47	36.8	Batu Lempung
4	3.04	2.87	Batu Lempung
5	7.8	19.38	Batu Pasir
6	9.47	54.67	Batu Pasir
7	12.49	55.98	Batu Pasir
8	30.82	62	Batu Pasir
9	52.47	17.23	Batu Pasir
10	76.42	46.92	Batu Pasir
11	127.76	5.28	Air Tanah

2. Hasil interpetasi P2

Lapisan	Kedalaman (m)	Resistivitas (Ω m)	Litologi
1	0	31.02	Batu Lempung
2	0.28	48.63	Batu Lempung
3	0.72	8.06	Batu Lempung
4	1.25	63.05	Batu Lempung
5	2.46	8.7	Batu Lempung
6	4.14	15.05	Batu Lempung
7	4.94	25.55	Batu Lempung
8	8.4	7.78	Air Tanah
9	33.11	4	Air Tanah
10	67.1	323.5	Batu Pasir

3. Hasil interpretasi P3

Lapisan	Kedalaman (m)	Resistivitas (Ω m)	Litologi
1	0	0.83	Batu Lempung
2	0.07	1.12	Batu Lempung
3	0.15	6.17	Batu Lempung
4	0.34	25.65	Batu Lempung
5	0.48	1.38	Batu Lempung
6	1.28	3.95	Batu Lempung
7	2.7	0.55	Batu Lempung
8	4.6	14.72	Batu Lempung
9	12.67	0.21	Air Tanah
10	34.68	24.9	Batu Pasir

4. Hasil interpretasi P4

Lapisan	Kedalaman (m)	Resistivitas (Ω m)	Litologi
1	0	8.02	Batu Lempung
2	1.16	0.92	Batu Lempung
3	1.7	3.51	Batu Lempung
4	3.96	0.32	Batu Lempung
5	5.86	1.22	Batu Lempung
6	7.73	1.78	Batu Lempung
7	10.43	3.79	Lempung Lanau
8	19.39	1.82	Lempung Lanau
9	23.26	0.79	Air Tanah
10	74.93	2	Air Tanah

5. Hasil interpretasi P5

Lapisan	Kedalaman (m)	Resistivitas (Ω m)	Litologi
1	0	3.18	Lempung Lanau
2	0.68	0.38	Lempung Lanau
3	1.11	1.27	Lempung Lanau
4	1.4	5.35	Lempung Lanau
5	3.87	0.14	Lempung Lanau
6	6.36	0.66	Lempung Lanau
7	9.79	7.58	Batu Lempung
8	13.7	11.6	Batu Lempung
9	33	1.03	Lempung Lanau
10	47.4	0.03	Air Tanah

6. Hasil interpretasi P6

Lapisan	Kedalaman (m)	Resistivitas (Ω m)	Litologi
1	0	58.74	Batu Pasir
2	0.18	4.98	Lempung Lanau
3	0.33	4.09	Lempung Lanau
4	0.52	14.42	Batu Lempung
5	0.78	2.5	Lempung Lanau
6	1.66	5.13	Lempung Lanau
7	2.83	1.99	Lempung Lanau
8	8.61	8.92	Batu Lempung
9	15.33	2.64	Lempung Lanau
10	42.03	1.61	Air Tanah

7. Hasil interpretasi P7

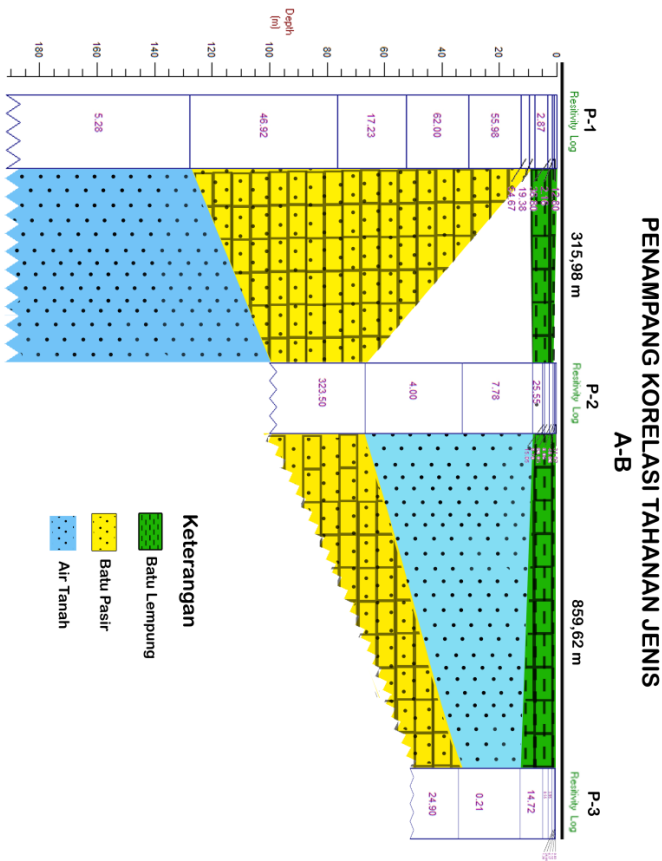
Lapisan	Kedalaman (m)	Resistivitas (Ω m)	Litologi
1	0	9.21	Lempung Lanau
2	0.68	1.36	Lempung Lanau
3	1.27	16.9	Batu Lempung
4	2.06	0.28	Batu Lempung
5	3.24	2.23	Batu Lempung
6	4.19	7.37	Batu Lempung
7	12.3	0.49	Air Tanah
8	25	3.93	Lempung Lanau
9	54.3	0.03	Air Tanah
10	152	1.87	Air Tanah

8. Hasil interpretasi P8

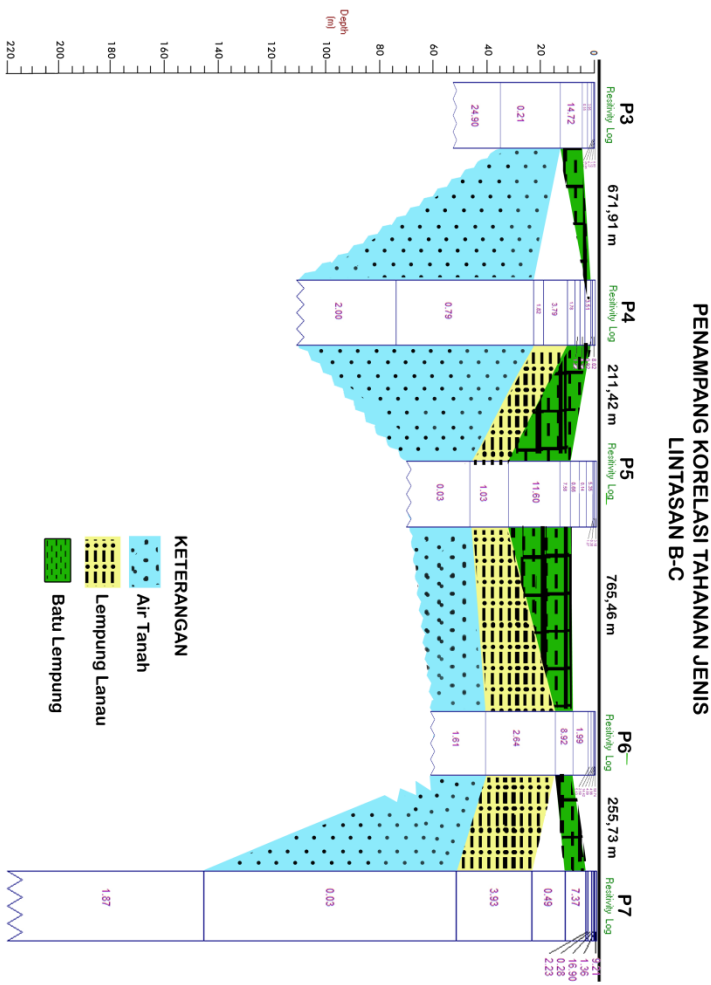
Lapisan	Kedalaman (m)	Resistivitas (Ω m)	Litologi
1	0	10.6	Batu Pasir
2	1.07	1.03	Batu Pasir
3	1.56	18.4	Batu Pasir
4	3.4	0.3	Batu Pasir
5	5.9	2.38	Batu Pasir
6	7.85	33.5	Batu Pasir
7	14.6	0.06	Air Tanah
8	31.5	1.94	Air Tanah
9	42.5	4.46	Air Tanah
10	84.5	1.18	Air Tanah

LAMPIRAN G :
Hasil Korelasi Penampang 1D

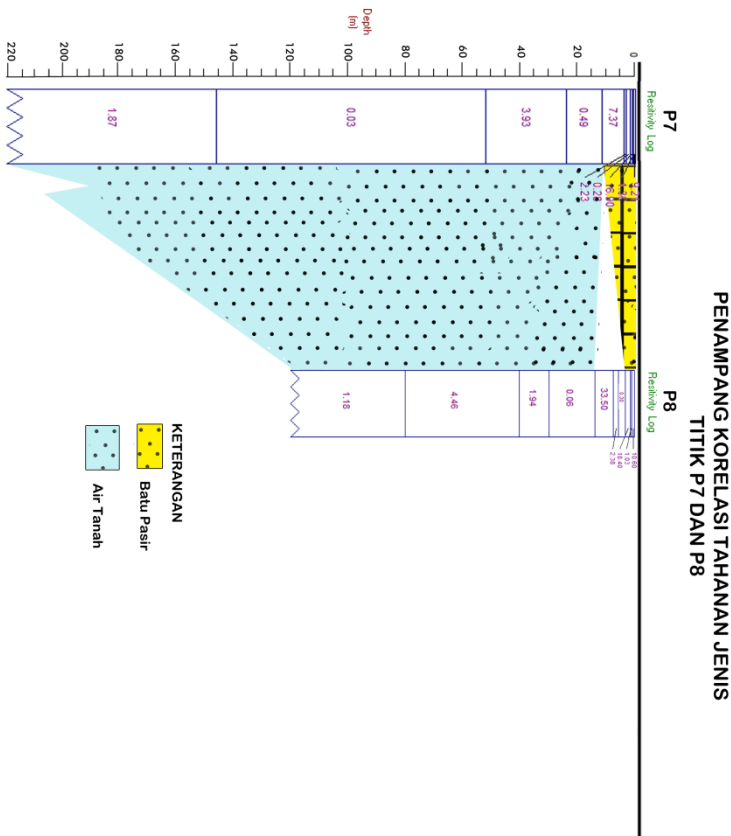
1. Hasil korelasi penampang A-B



2. Hasil korelasi penampang B-C

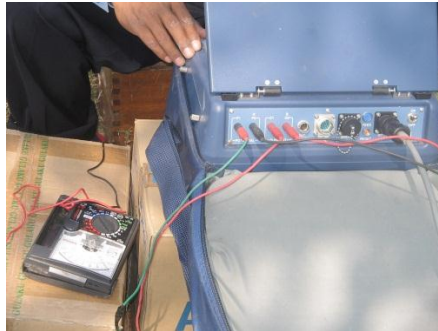


3. Hasil korelasi titik P7-P8



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

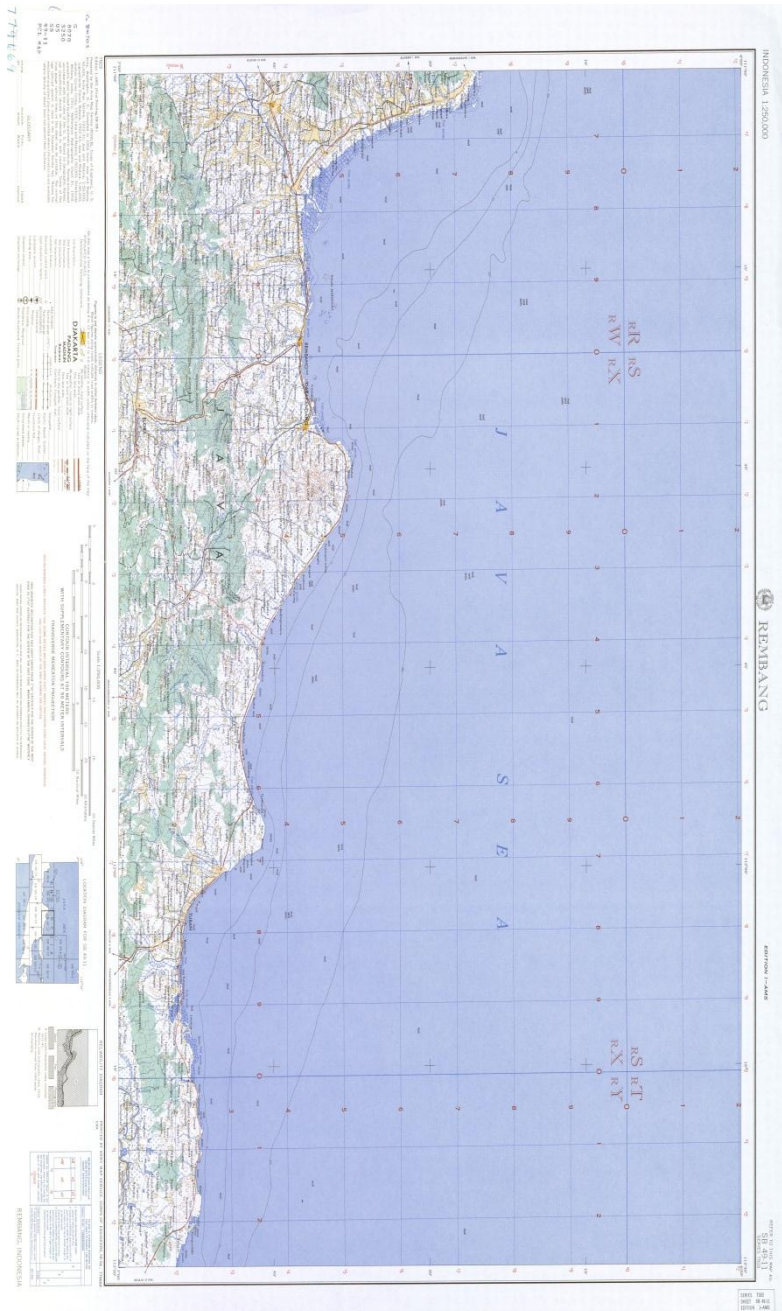
LAMPIRAN H :
Foto Akuisisi Data Geolistrik

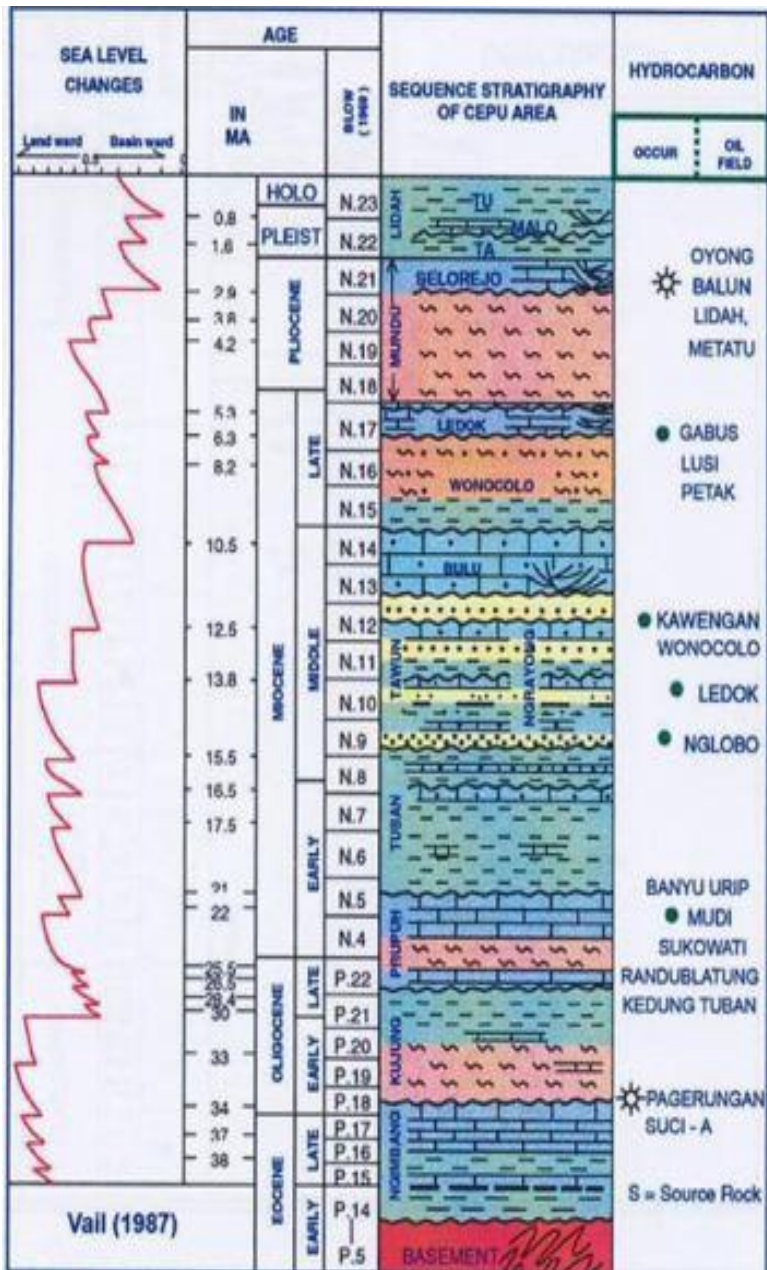






“Halaman ini sengaja dikosongkan”





“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BIOGRAFI PENULIS

Penulis “Romandah Kusuma Nur Febriana” merupakan anak 1 dari 2 bersaudara yang lahir di Kabupaten Blitar pada 22 Februari 1995. Semasa kecil penulis menempuh pendidikan formal antara lain di TK Dharma Wanita Tepas 01, SD Negeri Tepas 01, SMP Negeri 1 Kesamben, SMA

Negeri 1 Talun dan terakhir diterima di Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2013 melalui jalur SNMPTN Undangan dan terdaftar dengan NRP 1113100001. Penulis mengambil bidang minat Geofisika yang mempelajari tentang ilmu kebumian.

Selama menjadi mahasiswa ITS, penulis aktif dalam organisasi mahasiswa yaitu BPH ITS SC AAPG (2014-2015), Staff Departement Perekonomian HIMASIKA ITS (2014-2015), Staff Ahli Entrepreneur Development HIMASIKA ITS (2015-2016), Forum Mahasiswa Blitar di Surabaya (FORMABAYA) serta kepanitian-kepanitian yang diadakan baik di Departemen, Fakultas maupun Institut. Selain itu penulis juga mengikuti pelatihan dan seminar yang diselenggarakan oleh organisasi-organisasi tertentu, oleh Departemen, Fakultas, Institut maupun luar Institut baik pelatihan manajerial maupun keilmuan. Prestasi yang pernah diraih penulis selama kuliah adalah dua kali PKM terdantai DIKTI. Akhir kata bila ada kritik dan saran dapat menghubungi penulis melalui : alamat email berikut, yaitu romandah22@gmail.com.

